



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

**KONSTRUKSI DIAGRAM *LADDER* MENGGUNAKAN
METODE *FLOW-TABLE/STATE DIAGRAM* UNTUK
*CRUDE PALM OIL PROCESS***

Muhammad Mahardika Nobel
NRP 07111440000183

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR -TE 141599

**KONSTRUKSI DIAGRAM *LADDER* MENGGUNAKAN
METODE *FLOW-TABLE/STATE DIAGRAM* UNTUK *CRUDE
PALM OIL PROCESS***

Muhammad Mahardika Nobel
NRP 07111440000183

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT -TE 141599

**Construction of Ladder Diagram using Flow-
Table/State Diagram Method for Crude Palm Oil
Process**

Muhammad Mahardika Nobel
NRP 07111440000183

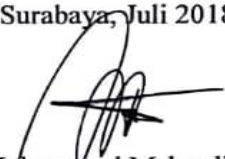
Supervisor
Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar, ST., MT.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Konstruksi Diagram Ladder Menggunakan Metode Flow-Table/State Diagram untuk Crude Palm Oil Process**" adalah merupakan hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2018



Muhammad Mahardika
Nobel
Nrp 07111440000183

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

**KONSTRUKSI DIAGRAM LADDER MENGGUNAKAN
METODE FLOW-TABLE/STATE DIAGRAM UNTUK CRUDE
PALM OIL PROCESS**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

**Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Mochammad Rameli

NIP. 19541212 1981031002

Eka Iskandar, ST., MT.

NIP. 19800528 2008121001



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KONSTRUKSI DIAGRAM *LADDER* MENGUNAKAN METODE *FLOW-TABLE/STATE* DIAGRAM UNTUK *CRUDE PALM OIL PROCESS*

Muhammad Mahardika Nobel – 07111440000183

Pembimbing : 1.Dr. Ir. Mochammad Rameli
2.Eka Iskandar, ST., MT.

ABSTRAK

Dalam proses pengolahan buah sawit menjadi minyak sawit mentah (*crude palm oil*) terdapat lima proses umum. Yaitu sterilisasi (perebusan buah sawit), penebahan (pemisahan buah sawit dari tandan), pelumatan (pemisahan daging buah dari biji), pengepresan (pemisahan minyak dari daging buah), dan klarifikasi (pemisahan minyak, air, dan kotoran). Atas dasar tersebut maka dibutuhkan tindakan yang benar untuk setiap tahapan proses sehingga hasil akhir yang diperoleh bisa maksimal. Faktor lain yang menentukan kualitas hasil dan efisiensi dari pabrik adalah peralatan yang harus dalam kondisi standard, baik kualitas maupun kuantitasnya dari setiap alat. Kapasitas dari suatu proses dengan yang lainnya harus sinkron dan cara pengoperasian dari setiap proses juga merupakan factor yang menentukan kinerja dari suatu pabrik kelapa sawit. Proses-proses yang terjadi dalam pengolahan kelapa sawit dapat dirancang dalam bentuk konstruksi *ladder diagram* yang akan diaplikasikan ke PLC sebagai kontroler. Dengan adanya *ladder diagram*, proses yang dilakukan akan berjalan secara sekuensial. Namun, terdapat batasan jumlah *relay* yang dapat digunakan dalam pemrograman PLC, sehingga akan sulit diterapkan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu cara agar dapat meminimalkan penggunaan *relay*, yaitu dengan menggunakan metode *state diagram* yang dikonstruksikan ke *ladder diagram*. Dengan menggunakan *state diagram*, hasil konstruksi *ladder diagram* diperoleh sebanyak 96 *rung*, 916 buah kontak *relay*, dan kapasitas program yang dihasilkan sebesar 18 KB.

Kata kunci : *Crude Palm Oil Process, Flow-Table/State Diagram, Ladder Diagram, PLC, Rung.*

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Construction of Ladder Diagram using Flow-Table/State Diagram Method for Crude Palm Oil Process

Muhammad Mahardika Nobel – 07111440000183

Supervisor : 1.Dr. Ir. Mochammad Rameli
2.Eka Iskandar, ST., MT.

ABSTRACT

In processing palm oil into crude palm oil (cpo), there are five general process. Sterilization of palm fruits, separation of palm fruit from bunch, separation of pericarp fruit from seed, pressing fruit, and clarification (oil, water, and dirt separation). So in this process, the right action is required for each stage of the process so the final result can be maximized. Another factor that can determines the quality and efficiency of the plant is the equipment must be in standard condition, both quality and quantity of each tool. The capacity of a process with each other must be synchronous and the mode of operation of each process is also a factor that determines the performance of a palm oil mill. Processes that occur in palm oil processing can be designed in the form of a ladder diagram construction that will be applied to the PLC as a controller. With the ladder diagram, the process will run sequentially. However, there is a limit to the number of relays that can be use in PLC programming, so it will be difficult to implement. Therefore, we need a way to minimize the use of relay by using state diagram method which is constructed to the ladder diagram. By using state diagram method, the result of ladder diagram construction is obtained by 96 rung, 916 contact relay, and the program capacity is 18 KB.

Keywords :*Crude Palm Oil Process, Flow-Table/State Diagram, Ladder Diagram, PLC, Rung.*

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Konstruksi Diagram Ladder Menggunakan Metode Flow-Table/State Diagram untuk Crude Palm Oil Process**” Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih atas segala bantuan dan dukungannya yang telah diberikan selama proses pembuatan tugas akhir ini kepada :

1. Orang tua tercinta serta keluarga dan kerabat yang senantiasa memberikan doa serta dukungan.
2. Bapak Mochamad Rameli selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan pengarahan, saran dan motivasi dalam kelancaran tugas akhir ini.
3. Bapak Eka Iskandar selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan ilmu dan bimbingan selama penulis mengerjakan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen, staf dan karyawan di Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
5. Seluruh teman-teman Reguler angkatan 2014, terutama mahasiswa Teknik Sistem Pengaturan.
6. Rekan-rekan asisten laboratorium Teknik Sistem Pengaturan.
7. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. Kritik dan saran untuk perbaikan tugas akhir ini sangat diperlukan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2018



Muhammad Mahardika
Nobel
NRP 07111440000183

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Metodologi.....	3
1.6 Sistematika.....	4
1.7 Relevansi	5
BAB 2 DASAR TEORI	7
2.1 <i>Crude Palm Oil Process</i>	7
2.1.1 Panen Buah Sawit	7
2.1.2 Penerimaan Buah (<i>Fruit Reception</i>)	8
2.1.3 <i>TBS Handling</i>	13
2.1.4 Perebusan TBS (<i>Sterilizer</i>).....	17
2.1.5 <i>Tippler</i>	19
2.1.6 <i>Bunch Conveyor</i>	20
2.1.7 Penebahan (<i>Threshing</i>).....	20
2.1.8 Pelumatan (<i>Digester</i>)	22
2.1.9 Pengepresan (<i>Screw Press</i>).....	23

2.1.10	<i>Oil Clarification</i>	24
2.1.11	<i>Oil Storage Tank</i>	31
2.2	<i>Programmable Logic Controller (PLC)</i>	32
2.2.1	Komponen Dasar PLC	34
2.2.2	Bahasa Pemrograman PLC	36
2.2.3	<i>Addressing</i> dan Instruksi Dasar PLC Omron	39
2.3	OPC KEPServerEX	41
2.3.1	Konfigurasi KEPServerEX5	41
2.4	Wonderware InTouch	44
2.5	<i>Flow-Table/State Diagram</i>	46
2.3.1	Deskripsi I/O dan <i>State</i>	47
2.3.2	Penyusunan <i>State Diagram</i> (I/O)	48
2.3.3	<i>Primitive Flow Table</i>	48
2.3.4	<i>Merged Flow Table</i>	50
2.3.5	Penyusunan <i>State Diagram</i> (R/O)	51
2.6	Konstruksi <i>State Diagram</i> (R/O)- <i>Ladder Diagram</i>	52
BAB 3	PERANCANGAN SISTEM	55
3.1	Perumusan Sistem <i>Crude Palm Oil Process</i>	55
3.1.1	I/O Sistem	57
3.1.2	Langkah Kerja Sistem	65
3.2	Perancangan <i>State Diagram</i>	75
3.2.1	Penyusunan <i>State Diagram</i> (I/O)	91
3.2.2	Penyusunan <i>Primitive Flow Table</i>	92
3.2.3	Penyusunan <i>Merged Flow Table</i>	92
3.2.4	Penyusunan <i>State Diagram</i> (R/O)	93
3.3	Konstruksi <i>State Diagram</i> (R/O) - <i>Ladder Diagram</i>	93

BAB 4 SIMULASI DAN ANALISA	95
4.1 Alamat I/O Sistem.....	95
4.2 <i>Human Machine Interface (HMI)</i>	99
4.2.1 <i>Overview</i>	99
4.2.2 Sterilisasi	99
4.2.3 <i>Threshing</i>	100
4.2.4 Pelumatan	100
4.2.5 Pemurnian.....	100
4.2.6 <i>Maintenance</i>	100
4.2.7 Tombol Panel.....	101
4.3 Simulasi	111
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	115
5.1 Kesimpulan	115
5.2 Saran.....	115
DAFTAR PUSTAKA	117
LAMPIRAN	119
RIWAYAT HIDUP.....	207

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Panen Buah Sawit.....	8
Gambar 2. 2	Jembatan Timbang	9
Gambar 2. 3	Tandan Buah Sawit	11
Gambar 2. 4	Loading Ramp	12
Gambar 2. 5	Scrapper Conveyor	13
Gambar 2. 6	Lori (Cages)	14
Gambar 2. 7	Piston Hidrolik	15
Gambar 2. 8	Transfer Carriage.....	15
Gambar 2. 9	Connecting Rail Bridge	16
Gambar 2. 10	Rail Track.....	17
Gambar 2. 11	Sterilizer Cages	18
Gambar 2. 12	Tipler.....	20
Gambar 2. 13	Thresher	21
Gambar 2. 14	Digester.....	23
Gambar 2. 15	Screw Press	24
Gambar 2. 16	Tangki Sand Trap	26
Gambar 2. 17	Vibrating Screen.....	27
Gambar 2. 18	Crude Oil Tank.....	28
Gambar 2. 19	Desanding Cyclone.....	28
Gambar 2. 20	Decanter.....	29
Gambar 2. 21	Oil Purifier	30
Gambar 2. 22	Vacuum Drier.....	31
Gambar 2. 23	Oil Storage Tank	31
Gambar 2. 24	PLC Tipe Compact	32
Gambar 2. 25	PLC Tipe Modular.....	33
Gambar 2. 26	PLC Omron CQM1	33
Gambar 2.27	Komponen Dasar PLC.....	35
Gambar 2. 28	Contoh Ladder Diagram	37
Gambar 2. 29	Contoh Function Block Diagram	37
Gambar 2. 30	Contoh Structured Text.....	38
Gambar 2. 31	Contoh Instruction List	38
Gambar 2. 32	Contoh Sequential Function Chart	39
Gambar 2. 33	Konfigurasi KEPServer.....	42
Gambar 2. 34	State Diagram.....	46
Gambar 2. 35	Langkah Desain State Diagram.....	46

Gambar 2. 36	Penyusunan State Diagram (I/O).....	48
Gambar 2. 37	Penyusunan State Diagram (R/O).....	52
Gambar 2. 38	Konstruksi State Diagram (R/O) – Ladder Diagram	53
Gambar 3. 1	Tahap Perancangan.....	55
Gambar 3. 2	Sekuens Pengolahan Crude Palm Oil	56
Gambar 3. 3	State Diagram (I/O) Sub Proses 8.....	92
Gambar 3. 4	State Diagram (R/O) Sub Proses 8	93
Gambar 3. 5	Konstruksi State Diagram (R/O) – Ladder Diagram	94
Gambar 4. 1	Tampilan HMI Overview	103
Gambar 4. 2	Tampilan HMI Sterilisasi.....	104
Gambar 4. 3	Tampilan HMI Threshing	105
Gambar 4. 4	Tampilan HMI Pelumatan.....	106
Gambar 4. 5	Tampilan HMI Pemurnian	107
Gambar 4. 6	Tampilan HMI Line Maintenance	108
Gambar 4. 7	Tampilan HMI Tombol Panel	109
Gambar 4. 8	Sub Proses 8 yang akan di simulasikan	111
Gambar 4. 9	Hasil Simulasi untuk Step 1 pada Sub Proses 8	112
Gambar 4. 10	Hasil Simulasi untuk Step 2 pada Sub Proses 8	112
Gambar 4. 11	Hasil Simulasi untuk Step 3 pada Sub Proses 8	113
Gambar 4. 12	Hasil Simulasi untuk Step 4 pada Sub Proses 8	113
Gambar 4. 13	Hasil Simulasi untuk Step 5 pada Sub Proses 8	114

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tingkat Fraksi Kematangan Buah Sawit.....	10
Tabel 2. 2 Kadar Rendamen Pada Buah Sawit	10
Tabel 2. 3 Keterangan Indikator.....	34
Tabel 2. 4 Lebar Alamat Pada PLC Omron.....	39
Tabel 2. 5 Instruksi Dasar Pada PLC	40
Tabel 2. 6 Keterangan I/O	47
Tabel 2. 7 Terjemahan Urutan <i>State Diagram</i> (I/O)	47
Tabel 2. 8 Kombinasi Bit Input.....	48
Tabel 2. 9 Kombinasi Bit Output	49
Tabel 2. 10 Kombinasi Bit Output yang Sama	50
Tabel 2. 11 Merged Flow Table (1)	51
Tabel 2. 12 Merged Flow Table (2)	51
 Tabel 3. 1 Input Sistem.....	 57
Tabel 3. 2 Output Sistem	62
Tabel 3. 3 Bit I/O Sistem	75
Tabel 3. 4 Urutan State Diagram (I/O) (1)	79
Tabel 3. 5 Urutan State Diagram (I/O) (2)	89
Tabel 3. 6 Primitive Flow Table Sub Proses 8.....	92
Tabel 3. 7 Merged Flow Table Sub Proses 8.....	93
 Tabel 4. 1 Alamat I/O PLC.....	 95

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 1

PENDAHULUAN

Bab ini mengantarkan pembaca untuk dapat menjawab pertanyaan mengapa, apa yang diteliti, untuk apa suatu penelitian dilakukan. Jawaban pertanyaan tersebut akan diuraikan pada bab ini yang meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan, metodologi, sistematika dan relevansi.

1.1 Latar Belakang

Tanaman kelapa sawit adalah tumbuhan industri penting penghasil minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar dan merupakan salah satu tanaman perkebunan di Indonesia yang memiliki masa depan yang cukup cerah. Kelapa sawit bukanlah tanaman asli Indonesia, namun kedatangan kelapa sawit ke Indonesia menambah komoditas ekspor di Indonesia. Perkebunannya menghasilkan keuntungan besar sehingga banyak hutan dan perkebunan lama dikonversi menjadi perkebunan kelapa sawit dan Indonesia adalah penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Minyak olahan kelapa sawit menjadi komoditas ekspor yang handal di Indonesia, pangsa pasar di dalam negeri cukup besar dan pasaran ekspornya senantiasa terbuka.

Dengan adanya pabrik pengolahan kelapa sawit (CPO), maka akan sangat menguntungkan produsen minyak sawit mentah di Indonesia. Hal tersebut didukung dengan kapasitas produksi minyak sawit Indonesia yang cukup besar. Saat ini diperkirakan jumlah pabrik kelapa sawit (PKS) di Indonesia sekitar 713 dengan kapasitas 38.268 ton tandan buah segar (TBS) perjam. Dengan luas lahan sawit sekitar 9.2 juta hektar (ha) dan produksi CPO sekitar 29.5 juta ton. [4]

Dalam proses pengolahan buah sawit menjadi minyak sawit mentah (*crude palm oil*) terdapat lima proses umum. Yaitu sterilisasi (perebusan buah sawit), penebahan (pemisahan buah sawit dari tandan), pelumatan (pemisahan daging buah dari biji), pengepresan (pemisahan minyak dari daging buah), dan klarifikasi (pemisahan minyak, air, dan kotoran). Ada 3 sistem pengoperasian yang biasa diterapkan dalam proses pengolahan ini. Pertama, pengoperasian manual dimana keputusan manusia sangat menentukan dalam keberlanjutan proses produksi. Kedua, pengoperasian semiotomatis dimana pada tahap – tahap tertentu pengendali olahan masih dilakukan oleh operator. Ketiga,

pengoperasian otomatis dimana operator hanya sebagai pengawas produksi. [1]

Pada pengoperasian otomasi penuh, pemantauan dapat dilakukan secara *realtime* pada masing – masing proses pengolahan dengan ditampilkan pada layar di ruang kendali. Jika terjadi masalah pada suatu proses, maka akan langsung terbaca pada sistem kontrol ini sehingga lebih mudah mencari titik masalah dan memperbaikinya. Dalam pengoperasiannya, serangkaian proses pengolahan tersebut dapat diotomatiskan dengan menggunakan PLC sebagai kontroler. PLC sendiri merupakan sebuah alat yang dapat diprogram, dikontrol, dan dioperasikan sesuai dengan kebutuhan operasi, dimana bahasa pemrograman yang umum digunakan adalah ladder diagram. Dengan adanya ladder diagram, proses yang dilakukan akan berjalan secara sekuensial atau berurutan.

Namun, dengan proses yang kompleks tentu akan menggunakan banyak relay sedangkan terbatasnya jumlah relay pada PLC yang memiliki spesifikasi rendah. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk meminimalkan penggunaan relay yang dapat digunakan dalam pemrograman PLC. Dengan meminimalkan jumlah penggunaan relay juga akan membuat program menjadi lebih singkat dan mudah dipahami.

1.2 Permasalahan

Permasalahan pada tugas akhir ini adalah bagaimana mengkonstruksi *ladder diagram* dengan menggunakan metode *Flow-Table/State Diagram* pada *plant Crude Palm Oil Process*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah menggunakan metode *state diagram* pada *plant crude palm oil process* yang disimulasikan menggunakan *software CX Programmer* milik PLC Omron dan juga HMI yang digunakan adalah milik Wonderware.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengkonstruksi *ladder diagram* dari proses *Crude Palm Oil* dengan metode *Flow-Table/State Diagram*. Hasil konstruksi tersebut diharapkan dapat disimulasikan pada perancangan *human machine interface* yang dibuat.

1.5 Metodologi

1. Studi Literatur

Merupakan kegiatan yang akan dilakukan untuk menambah wawasan dan mempelajari teori-teori mengenai topik yang akan diangkat sampai diperoleh gambaran yang jelas mengenai sistem yang akan dirancang. Literatur yang dapat digunakan yakni dapat berupa buku, paper, jurnal, artikel, dan website minimal bertaraf nasional, serta melakukan bimbingan ke dosen pembimbing.

2. Observasi dan Analisa Masalah

Observasi merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengumpulkan informasi terkait penelitian yang berkaitan dengan topik tugas akhir. Informasi dapat berupa cara penggunaan metode *state diagram* dan cara pengaplikasiannya ke PLC yang tentu ada analisa dari percobaan sebelumnya guna mengetahui kelebihan dan kekurangannya, sehingga diharapkan tugas akhir ini dapat menyempurnakan kekurangan tersebut.

3. Pendataan *Input* dan *Output*

Dari permasalahan yang telah diketahui selanjutnya dipelajari mengenai metode yang dapat mengatasi permasalahan pada sistem. Dimulai dengan mendata apa saja yang menjadi *input* dan *output* pada proses pengolahan kelapa sawit yang nantinya data tersebut akan digunakan untuk merancang program *state diagram* yang kemudian akan di ubah ke *ladder diagram* dan akan dihubungkan ke PLC Omron untuk disimulasikan beserta *Human Machine Interface* (HMI) nya.

4. Perancangan pada *State Diagram*

Perancangan merupakan sebuah kegiatan untuk menggabungkan beberapa komponen menjadi sebuah sistem baru yang terintegrasi, dengan menggabungkan tiap tiap state pada metode *state diagram* yang mempresentasikan *input* dan *output* dari sebuah sistem.

5. Konversi *State Diagram* ke *Ladder Diagram*

Metode *state diagram* dapat mengatasi banyaknya penggunaan *relay* pada sistem. Dimulai dengan membuat *state diagram* (I/O) dari proses pengolahan kelapa sawit sesuai dengan kondisi *input* dan *output* yang telah didata. Lalu data tersebut disusun ke dalam *primitive flow table* dan disederhanakan menjadi *merged flow table* untuk mengetahui jumlah *relay* yang dibutuhkan. *Merged flow table* yang sudah didapatkan diubah menjadi gambar *state diagram*. *State* yang didapat menggambarkan jumlah *relay* yang

dibutuhkan. Setelah itu konstruksi *ladder diagram* dapat dirancang.

6. Simulasi Program pada *Software* dan Analisis

Pada hasil pemodelan dilakukan simulasi yang disertai dengan analisis untuk mengoreksi kesesuaian dengan hasil yang diinginkan. Analisa dilakukan terhadap hasil pengujian yang telah dilakukan, baik itu pengujian pada program yang telah dibuat pada *State Diagram* maupun program yang telah dikonversikan ke *ladder diagram*.

7. Tahap Pengujian

Hasil dari pemodelan sistem digunakan untuk membuat konstruksi *ladder diagram* yang akan diprogram pada PLC.

8. Evaluasi

Apabila saat pengujian belum sesuai dengan spesifikasi yang telah diinginkan maka akan dilakukan evaluasi.

9. Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan merupakan tahap akhir dari proses pengerjaan tugas akhir. Laporan yang akan disusun berkaitan dengan pengerjaan tugas akhir yang telah dikerjakan yang meliputi pendahuluan, dasar teori, perancangan sistem, pengujian dan analisa, serta kesimpulan dan saran.

1.6 Sistematika

Penulis membagi laporan penelitian ini menjadi lima bab yang terhubung satu sama lain. Hal ini untuk menghindari kesalahan interpretasi terhadap isi yang terdapat di dalam laporan. Penjelasan tentang masing-masing bab dibuat dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika dan relevansi.

Bab II Dasar Teori

Bab ini membahas tinjauan pustaka yang membantu penelitian, di antaranya adalah teori pemodelan *Flow-Table/State Diagram*, penjelasan mengenai proses *crude palm oil*, penjelasan mengenai dasar PLC dan PLC apa yang akan digunakan, teori mengenai OPC, serta Wonderware yang akan digunakan sebagai pemrograman HMI.

Bab III Perancangan Sistem

Bab ini membahas perancangan sistem yang meliputi perancangan langkah sistem pada *crude palm oil process*, pemodelan sistem otomatisasi *crude palm oil process* dengan metode *Flow-Table/State Diagram*, perancangan *ladder diagram* sehingga membantu pembaca dalam memahami tahapan dari setiap proses dalam sistem yang dirancang.

Bab IV Hasil dan Analisa

Bab ini memuat hasil pengujian pada modelan yang telah dibuat dan analisisnya.

Bab V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah diperoleh.

1.7 Relevansi

Penggunaan jumlah pada *relay* dalam suatu perancangan sangat penting jika menggunakan PLC yang mempunyai spesifikasi rendah. Maka dari itu, hal tersebut bisa diatasi dengan menggunakan metode *flow-table/state diagram* sehingga jumlah *relay* dapat diminimalkan seperti pada hasil penelitian tugas akhir ini. Diharapkan pada penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk pembuatan konstruksi *ladder diagram* pada penelitian di masa mendatang agar jumlah *relay* yang dihasilkan menjadi efektif dan efisien dan dapat dikembangkan menjadi lebih baik lagi kedepannya.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 2

DASAR TEORI

Suatu teori diperlukan sebagai landasan maupun dasar untuk penulis dalam melakukan sebuah penelitian. Teori-teori tersebut dikaji terlebih dahulu untuk menunjang serta memperkuat penelitian penulis. Pada bab ini akan diuraikan teori mengenai beberapa dasar teori yang akan menjadi penunjang untuk mengatasi masalah pada tugas akhir ini, terutama pada plant *Crude Palm Oil Process*.

2.1 *Crude Palm Oil Process*

Pengolahan kelapa sawit ini mengolah dari bahan baku berupa tandan buah segar (TBS) menjadi minyak kelapa sawit atau CPO (*Crude Palm Oil*). Pengolahan *Crude palm oil* dioperasikan dalam suatu rangkaian proses, dimana hasil proses dari suatu tahapan akan dilanjutkan oleh tahapan berikutnya. Kesalahan yang terjadi pada suatu tahapan proses tidak dapat diperbaiki pada proses berikutnya. Pengolahan utama pada *crude palm oil* ini terdiri beberapa tahapan seperti penerimaan buah, penimbunan buah sementara pada *loading ramp*, proses perebusan, proses penebahan, proses pelumatan, proses pemurnian pada minyak kasar, sampai pada penyimpanan akhir di *oil storage tank*.

2.1.1 Panen Buah Sawit [9]

Kegiatan panen buah sawit ini bertujuan untuk mendapatkan tandan buah segar (TBS) dengan jumlah yang banyak dan memperoleh rendamen yang baik supaya mendapatkan mutu minyak yang tinggi. Tanaman kelapa sawit mulai membentuk buah setelah berumur 2 – 3 tahun setelah ditanam dan akan menjadi buah masak sekitar 5 – 6 bulan setelah proses penyerbukan. Buah sawit yang telah masak bisa dilihat dari perubagan warna kulit buahnya yang menjadi merah jingga, sehingga kandungan minyak pada daging buah telah maksimal. Proses panen buah sawit dimulai dari pemeriksaan pada TBS, pemotongan pelepah, pengumpulan pelepah, pengambilan buah, pengumpulan buah, lalu disusun sehingga bisa dibawa ke pabrik.



Gambar 2. 1 Panen Buah Sawit

2.1.2 Penerimaan Buah (*Fruit Reception*)

Buah yang telah dibawa dari perkebunan akan diterima dipabrik agar diketahui jumlah seluruh TBS yang diterima. Pengangkutan TBS dari kebun ke pabrik biasanya dilakukan menggunakan truk yang lalu truk nantinya akan ditimbang untuk mengetahui berat bersih TBS. Buah yang telah diterima oleh pabrik akan dicek juga tingkat kematangan dan fraksinya untuk mengetahui mutu CPO yang nantinya akan dihasilkan.

2.1.2.1 Jembatan Timbang

Secara umum jembatan timbang ini merupakan alat ukur berat yang berfungsi untuk menimbang bahan baku tandan buah segar (TBS) yang diterima dari kebun atau pemasok lainnya untuk diproses di pabrik, menimbang produksi minyak sawit (CPO) dan palm kernel (PK) yang akan dikirim kepada pihak pembeli, menimbang hasil sampingan yang dihasilkan seperti *solid* (kotoran), *empty bunch* atau kompos yang akan dikirim ke kebun, dan menimbang material lainnya yang dianggap perlu untuk kepentingan pabrik dan perusahaan. Umumnya jembatan timbang mempunyai 2 jenis, yaitu timbangan mekanis (konvensional) dan timbangan elektronik (digital). Akan tetapi, jenis timbangan yang lebih sering dipakai adalah jenis digital, karena jembatan timbangan konvensional kurang cepat serta cenderung diragukan keabsahannya.



Gambar 2. 2Jembatan Timbang

Pada jembatan timbang digital dilengkapi dengan *uninterrupted power supply* sebagai *back-up supply* daya jika ada gangguan listrik dan *software* program yang mampu mencetak tiket jembatan untuk berat, waktu, tanggal, bulan, tahun, jenis produksi, kendaraan, supplier, serta dapat menyimpan dan mengamankan data bulanan. Prinsip kerjanya yaitu truk lewat diatas jembatan timbang dan berhenti +-5 menit, lalu dicatat berat truk awal sebelum tbs dibongkar dan disortir. Kemudian setelah dibongkar, truk kembali ditimbang untuk mengetahui selisih awal dan akhir yang merupakan TBS yang diterima pabrik.

2.1.2.2 Penyortiran TBS (*Grading*)




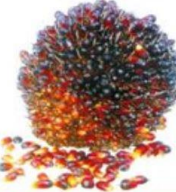
Penyortiran yaitu pemisahan atau pengkelasan TBS sesuai dengan tingkat kematangan dan fraksinya sebagai salah satu kendali mutu CPO yang akan dihasilkan. *Grading* ini bertujuan untuk mengetahui mutu TBS yang masuk untuk meningkatkan kualitas mutu produksi. Proses dari *grading* ini berawal dari TBS dibawa truk pengangkut menuju ke *grading station* untuk dilakukan penyortiran TBS. Sistem denda diberlakukan untuk TBS yang tidak memenuhi syarat pada saat bongkar muatan. Fraksi yang memenuhi syarat untuk diolah adalah fraksi I, II, dan III, sedangkan fraksi 00, 0, IV, V, VI sebisa mungkin untuk sedikit yang masuk dalam proses pengolahan. Brondolan yang masuk kedalam proses harus ada sebanyak 12.5% dari berat TBS yang dibawa. Adapun kriteria – kriteria panen dan syarat mutu TBS yang bisa dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1Tingkat Fraksi Kematangan Buah Sawit

No	Kematangan	Fraksi	Jumlah Brondolan	Keterangan
1	Mentah	00	Tidak ada, buah berwarna hitam	Sangat Mentah
		0	1-12.5% buah membrodol	Mentah
		I	12.5% buah membrodol	Kurang Matang
2	Matang	II	25-50% buah membrodol	Matang I
		III	50-76% buah membrodol	Matang II
		IV	75-100% buah membrodol	Lewat Matang I
3	Lewat Matang	V	Buah sudah membrodol dan ada yang membusuk	Lewat Matang II
		VI	Buah sudah membrodol dan ada yang membusuk	Janjang Kosong

Tabel 2. 2Kadar Rendamen Pada Buah Sawit

Kematangan Buah	Rendamen Minyak (%)	Kadar ALB (%)
Mentah	14 – 18	1,6 – 2,8
Setengah Matang	19 – 25	1,7 – 3,3
Matang	24 – 30	1,8 – 4,4
Lewat Matang	28 – 31	3,8 – 6,1

Mentah	Setengah Matang
	
Matang	Lewat Matang
	

Gambar 2. 3Tandan Buah Sawit

2.1.2.3 Penimbunan Sementara TBS (*Loading Ramp*)

Loading ramp merupakan tempat penimbunan sementara dari TBS sebelum dijatuhkan ke *scraper conveyor* yang lalu dituangkan kedalam lori untuk ke tahap perebusan. TBS dijatuhkan ke *scraper conveyor* dengan membuka pintu *loading ramp* yang diatur dengan sistem hidrolik. Pintu hidrolik ini hanya akan membuka jika sensor beban pada *loading ramp* mendeteksi adanya TBS yang ditimbun dan lori *detector* 1 yang mendeteksi adanya lori diujung *scraper conveyor* tempat TBS jatuh. Bangunan *loading ramp* memiliki kemiringan pada lantai dengan sudut kurang lebih 27° yang bertujuan untuk mempermudah buah jatuh karena adanya gaya gravitasi. Adapun fungsi lain dari *loading ramp* adalah untuk merontokkan sampah atau pasir yang terikut ke tandan melalui kisi – kisikompartemen yang berjarak 10 mm.



Gambar 2. 4 *Loading Ramp*

2.1.2.4 *Scraper Conveyor*

Conveyor merupakan alat pemindahan yang sangat berperan penting pada keberlangsungan pengolahan TBS hingga menjadi minyak. Dimana penggunaannya disesuaikan dari segi jenis, kapasitas, dan daya antarnya. Beberapa jenis conveyor antara lain : *scraper*, *belt*, *screw*. Untuk Jenis *scraper conveyor* sendiri digunakan untuk membawa TBS yang jatuh dari *loading ramp* untuk dibawa ke lori yang ada secara horizontal.



Gambar 2. 5 *Scraper Conveyor*

Scraper conveyor akan aktif bila *limit switch high HGLR* aktif yang berarti pintu *loading ramp* telah membuka secara full dan sensor beban *scraper conveyor* aktif yang berarti ada tandan buah segar (TBS) yang telah jatuh ke *scraper conveyor*. *Limit switch* adalah suatu komponen atau sensor yang akan aktif bila terkena gaya dari suatu benda, sedangkan sensor beban adalah suatu komponen atau sensor yang akan aktif bila terdapat suatu beban atau massa yang dideteksi oleh sensor tersebut.

2.1.3 TBS Handling [2][7][16]

Dalam proses pengolahan kelapa sawit, ada beberapa komponen yang berperan penting dalam proses pengolahan. Komponen pada TBS *handling* ini berperan sebagai sarana transportasi maupun jalur transportasi. Sarana transportasi sangat dibutuhkan dan akan memudahkan proses mengingat jumlah dan berat buah yang akan diolah nantinya. Sarana ini meliputi lori, piston hidrolik, *transfer carriage*, *connecting rail bridge*, dan *rail track*.

2.1.3.1 Lori (Cages)

Lori adalah suatu alat pengangkut yang berfungsi untuk memuat dan mengangkut TBS dari awal dijatuhkan untuk dibawa ke proses – proses berikutnya, seperti ke tempat perebusan hingga TBS dijatuhkan ke *bunch conveyor* dengan menggunakan *tipler*. Lori dibuat dari plat – plat baja yang berukuran 4 – 6 meter dan pada sisi bodi samping dan sisi bawah dibuat berlubang kira kira 0.5 inch yang berfungsi untuk mempertinggi penetrasi uap pada buah dan penetesan air kondensat yang

terdapat pada lori saat perebusan. Lori mempunyai 4 buah roda yang terbuat dari besi yang dilengkapi dengan *bushing* yang terbuat dari tembaga agar *shaft* pada lori tidak cepat rusak akibat gesekan. Kapasaitas lori berbeda – beda, yakni 2.5 ton, 2.75 ton, sampai dengan 10 ton.



Gambar 2. 6 Lori (*Cages*)

Ukuran lubang pada sisi sisi bodi mempengaruhi proses perebusan pada TBS, semakin besar maka semakin baik, akan tetapi daya tahan lori akan semakin berkurang. Lori – lori yang bermasalah tidak akan dibawa untuk melanjutkan proses, tetapi akan dibawa oleh *transfer carriage* menuju jalur *maintenance* untuk perbaikan

2.1.3.2 Piston Hidrolik

Piston hidrolik ini berfungsi sebagai pendorong pada lori supaya berpindah dari suatu tempat, ketempat lainnya. Prinsip dari piston hidrolik ini adalah memanfaatkan fluida yaitu minyak atau oli yang dinaikkan tekanannya dan kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui katup – katup. Kerja yang diakibatkan oleh tekanan inilah yang akan dimanfaatkan oleh batang piston untuk gerak maju atau mundur. Pada *plant* tugas akhir ini terdapat total 8 piston hidrolik yang bertempat di lori *feeder*, *line 1*, *transfer carriage 1*, *line 2*, *transfer carriage 2*, *line 3*, *line maintenance 1*, dan *line maintenance 2*.



Gambar 2. 7 Piston Hidrolik

2.1.3.3 *Transfer Carriage*

Transfer carriage merupakan suatu alat atau komponen yang berfungsi sebagai pemindah lori yang berisi TBS dari jalur awal (TBS dijatuhkan) ke jalur selanjutnya yaitu tempat dimana TBS akan direbus dan saat TBS selesai direbus, lori akan kembali dipindah oleh *transfer carriage* untuk menuju jalur 3 dimana lori akan diputar oleh *tipler* untuk menjatuhkan TBS yang telah direbus. *transfer carriage* selain membawa lori untuk menuju jalur perebusan dan jalur *tipler*, juga akan membawa lori untuk menuju jalur *maintenance* 1 atau 2 jika lori dalam keadaan rusak dan butuh perbaikan.



Gambar 2. 8 *Transfer Carriage*

Transfer carriage ini hanya akan aktif bergerak jika piston yang mendorong lori telah bergerak menuju atau menjauhi *transfer carriage* setelah kembali ke keadaan awal atau sensor *limit switch low* piston telah aktif dan terdapat lori di *transfer carriage* tersebut.

2.1.3.4 Connecting Rail Bridge

Connecting Rail Bridge merupakan rel yang menghubungkan antara rel di *line 2* dengan rel didalam *sterilizer cage*. Posisi dari *connecting rail bridge* ini ada 2, yaitu posisi awal saat rel berdiri tegak supaya tidak menghalangi terbuka atau tertutupnya pintu *sterilizer* dan posisi akhir saat *connecting rail bridge* terhubung antara rel *line 2* dan rel *sterilizer* supaya lori dapat masuk ke *sterilizer cage*.



Gambar 2. 9 *Connecting Rail Bridge*

2.1.3.5 Rail Track

Rail track merupakan jalur rel yang akan dilewati oleh lori sebagai sarana transportasi pendukung. Rel ini menghubungkan tiap proses yang sekiranya dibutuhkan lori didalamnya, mulai dari *line 1*, *line 2*, *line 3*,

line maintenance 1, dan *line maintenance* 2. Rel yang dikonstruksi harus rata, tidak naik turun, dan tidak bengkok.



Gambar 2. 10 *Rail Track*

2.1.4 Perebusan TBS (*Sterilizer*) [2][10][16]

Perebusan merupakan salah satu tahap paling utama dalam proses pengolahan TBS, karena baik buruknya mutu dan hasil olahan ditentukan oleh keberhasilan rebusan. Merebus buah sesuai dengan ketentuan yang ada merupakan proses mutlak yang harus dilakukan. Perebusan buah dilakukan didalam *sterilizer* yang berupa bejana uap bertekanan. Biasanya *sterilizer* dirancang untuk dapat memuat 6 sampai 10 lori yang direbus dengan tekanan uap mencapai 3 kg/cm^2 selama kurang lebih 100 menit dan temperature 135° . Fungsi *sterilizer* adalah untuk melakukan sterilisasi TBS sebelum diproses menjadi minyak. *Sterilizer* ini dilengkapi peralatan kontrol yang menunjang proses perebusan diantaranya :

1. *Inlet valve* sebagai pengaturan masuknya *steam*.
2. *Exhaust valve* sebagai pengaturan keluarnya *steam* dari *sterilizer*.
3. *Condensate valve* sebagai pengaturan keluarnya kondensat.
4. *Pressure transmitter* sebagai sensor terhadap tekanan didalam ruang *sterilizer*.
5. *Timer* yang berfungsi sebagai penghitung lamanya tiap proses yang di lakukan.



Gambar 2. 11 *Sterilizer Cages*

Proses perebusan ini memiliki fungsi tujuan sebagai berikut :

1. Menonaktifkan enzim lipase yang dapat menyebabkan asam lemak bebas naik.
2. Melunakkan brondolan buah untuk memudahkan pelepasan daging buah dan biji sawit di *digester*.
3. Memudahkan proses pemisahan molekul minyak dari daging buah dan mempercepat proses pemurnian.
4. Mengurangi kadar air inti sawit sampai $< 20\%$, sehingga meningkatkan efisiensi pemecahan biji sawit.

Pada *sterilizer* juga dilengkapi dengan *limit switch* pada tiap pintu untuk mengetahui apakah pintu sudah terbuka atau tertutup secara sempurna supaya proses perebusan tidak terganggu oleh keadaan luar. Faktor – factor yang dapat mempengaruhi hasil rebusan yaitu tekanan, suhu, pembuangan udara, dan lama dari perebusan itu sendiri. Tekanan yang tinggi akan menghasilkan suhu yang tinggi pula, sehingga mengakibatkan kehilangan minyak pada air kondensat tinggi dan kadar minyak pada buah akan menurun. Jika tekanan terlalu rendah suhu yang dicapai akan rendah, sehingga kematangan buah tidak sempurna.

Perebusan yang terlalu lama juga dapat merusak mutu minyak dan inti yang dihasilkan. Adapun prinsip *triple peak* adalah tiga kali masuknya uap (*steam*) kedalam *sterilizer* dan tiga kali pembuangan uap. Jumlah puncak dalam pola perebusan ditunjukkan oleh jumlah pembukaan dan penutupan dari *steam* yang masuk atau keluar selama proses berlangsung. Berikut merupakan proses *triple peak* yang terjadi didalam *sterilizer* :

1. Puncak pertama (1 *peak*)
 Pertama – tama dilakukan pembukaan katup inlet *steam* untuk mencapai puncak 1 selama 12-15 menit dan mencapai tekanan 2 kg/cm^2 . Setelah itu katup inlet *steam* ditutup, sedangkan *condensate* dan *exhaust valve* dibuka supaya tekanan turun hingga 0.2 kg/cm^2 (5 menit), lalu pipa – pipa tersebut ditutup. Proses yang terjadi pada puncak pertama yaitu untuk mendorong udara yang masih terdapat didalam *sterilizer*, karena udara yang terdapat didalam dapat mengakibatkan terjadinya perubahan fase dari uap menjadi cair karena perbedaan suhu dari udara dengan *steam* yang akan menimbulkan genangan air (kondensat), serta untuk mengurangi keaktifan enzim lipase yang dapat meningkatkan asam lemak bebas.
2. Puncak kedua (2 *peak*)
 Pada puncak kedua katup inlet *steam* dibuka kembali selama 15 menit supaya mencapai tekanan 2.5 kg/cm^2 . Lalu katup *inletsteam* ditutup, sedangkan *condensate* dan *exhaust valve* dibuka, sehingga tekanan turun hingga 0.3 kg/cm^2 (5 menit), lalu pipa – pipa tersebut ditutup kembali. Proses yang terjadi pada puncak kedua yaitu mengurangi kadar air yang terdapat pada buah dan proses awal sterilisasi yaitu air kondensat yang menggenang..
3. Puncak ketiga (3 *peak*)
 Setelah dilakukan dua puncak diawal, perebusan dilanjutkan dengan membuka katup inlet *steam* hingga mencapai tekanan 3 kg/cm^2 selama 15 menit, kemudian tekanan ini akan dipertahankan selama 45 menit sebelum dilakukan pembuangan *steam* akhir. Pada puncak ini proses yang terjadi yaitu sterilisasi sempurna untuk melekangkan antara cangkang dan kernel agar tidak menyatu serta memudahkan pada saat pemecahan biji.

2.1.5 Tippler [2][16][17]

Tippler adalah alat yang digunakan untuk proses penjatuhan buahyang berada didalam lori yang telah di rebus pada *bunch conveyor* untuk dibawa ke proses penebahan atau pada *thresher drum*. Kapasitas lori yang bisa digunakan pada *tippler* ini umumnya antara 5 ton sampai

10 ton TBS. Proses pembalikan pada *tipler* ini menggunakan motor pemutar.



Gambar 2. 12 Tipler

Tipler akan aktif jika didalamnya telah terdeteksi lori dan setelah berputar sensor *limit switch high tipler* akan aktif sehingga *tipler* akan berhenti beberapa saat menggunakan *timer* sehingga TBS akan bergerak jatuh. Setelah beberapa saat berhenti, *tipler* akan berputar balik arah untuk keposisi semula dan *limit switch low tipler* akan aktif yang menghentikan *tipler* bergerak.

2.1.6 Bunch Conveyor

Bunch conveyor berfungsi sebagai penampung jatuhnya buah oleh *tipler* yang lalu nantinya *bunch conveyor* akan mengatur masuknya buah yang telah direbus ke *thresher* secara kontinu. Mesin ini bekerja seperti pada *conveyor* pada umumnya yang mengantarkan benda dari suatu tempat ke tempat lainnya. Mesin ini akan bekerja jika sensor beban *bunch conveyor* aktif yang menandakan ada buah sawit yang jatuh.

2.1.7 Penebahan (*Threshing*) [2][8][16]

Penebahan adalah proses pemisahan brondolan buah sawit dari tandannya. Jika pada proses ini tidak sempurna, maka akan mempengaruhi efisiensi dari pabrik. Dengan menggunakan putaran pada mesin *thresher*, TBS dibanting sehingga brondolan lepas dari tandannya dan brondolan akan jatuh ke konveyor dan *elevator* untuk didistribusikan ke proses pelumatan (*digester*), sedangkan untuk tandan

yang kosong akan terlempar ke *empty bunch conveyor* untuk dibawa ke tempat penimbunan sementara. *Thresher* mempunyai kecepatan 23 – 25 rpm untuk mendapatkan penebahan yang maksimum, karena jika *thresher* terlalu lambat atau cepat akan mengakibatkan kerugian seperti penebahan yang kurang maksimal dan *oil loss* tinggi.



Gambar 2. 13 *Thresher*

Di bagian *thresher* dipasang batang – batang besi perantara dengan jarak antar besi 40 mm – 50 mm sehingga membentuk kisi – kisi yang memungkinkan brondolan untuk jatuh kebawah *thresher*. Untuk tandan yang kosong akan jatuh kesebelah dan diangkut oleh *empty bunch conveyor* untuk ditampung di penampungan *empty bunch*. Dalam proses ini diperlukan beberapa mesin yang berfungsi sebagai pembawa seperti *under thresher conveyor*, *fruit elevator*, dan *fruit distributing conveyoryang* mempunyai beberapa fungsi.

2.1.7.1 Under Thresher Conveyor

Under thresher conveyor ini berfungsi sebagai penampung sekaligus pembawa buah dari hasil penebahan pada *thresher* untuk dibawa ke *fruit elevator*. Alat ini terletak tepat dibawah *drum thresher* dan bersatu dengan bodi dari *thresher*. Alat ini akan aktif jika sensor beban pada *under thresher conveyor* mendeteksi adanya buah yang jatuh pada *conveyor*.

2.1.7.2 Fruit Elevator

Fruit elevator adalah mesin pemindah yang berfungsi untuk membawa buah dari *under thresher conveyor* untuk menuju ke *fruit distributing conveyor* dengan menggunakan motor sebagai penggerak.

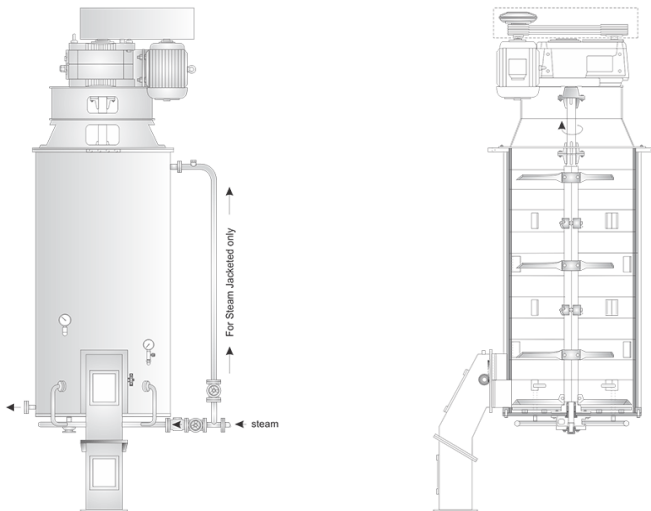
Arah dari pemindahan buah ini adalah *vertical* (dari atas ke bawah atau sebaliknya). Biasanya mempunyai kecepatan 18 m/menit dan mempunyai ketinggian 12-14 meter disesuaikan dengan konstruksi pabrik. *Fruit elevator* akan aktif bergerak jika sensor beban pada *fruit elevator* aktif.

2.1.7.3 *Fruit Distributing Conveyor*

Fruit distributing conveyor berfungsi sebagai pembawa buah sawit untuk menuju proses pelumatan (*digester*). Konveyor ini termasuk jenis *scraper conveyor* karena berada di langit langit pabrik, namun karena berfungsi sebagai konveyor untuk menghantarkan dan membagi buah ke dalam proses pelumatan maka dari itu dinamakan *fruit distributing conveyor*. Pada *crude palm oil process* biasanya digunakan jenis *screw conveyor* yang memiliki bentuk spiral yang tertancap pada poros dan berputar sehingga material terdorong. Poros dari *screw press* digerakkan oleh motor *gear*. *Fruit distributing conveyor* akan aktif bergerak jika sensor beban *fruit distributing conveyor* aktif yang berarti terdapat buah sawit.

2.1.8 Pelumatan (*Digester*) [2][11][16]

Digester adalah tangki tegak berbentuk silinder yang dilengkapi pisau – pisau pengaduk bertingkat yang berada di poros dan digerakkan oleh motor listrik 30 HP dengan putaran 1.450 rpm dan di *reducer* oleh *gear box* sehingga putaran poros *digester* 25 rpm, sehingga brondolan dapat dicacah didalamnya. Pada bagian pisau atas dipakai untuk mengaduk atau melumatkan dari buah sawit, sedangkan untuk pisau bagian paling bawah dipakai untuk pengaduk juga dan dipakai sebagai pendorong keluar dari *digester*. Proses pelumatan dapat berlangsung dengan baik bila isi dari *digester* selalu dipertahankan penuh. Minyak bebas yang disebabkan proses pelumatan ini dibiarkan bebas keluar melalui lubang didasar *digester*, sehingga tidak mengurangi efektifitas pelumatan yang terjadi akibat pelumasan pisau *digester*.



Gambar 2. 14 Digester

Tujuan dari pelumatan ini adalah agar daging buah terlepas dari biji sehingga mudah di *press*, melepaskan sel – sel minyak dari pericarp dengan cara mencabik dan mengaduk, mempertahankan temperature brondolan pada suhu 90° - 95° , dan mengalirkan minyak yang timbul akibat adanya proses *digestion*. Proses pelumatan dilakukan dengan cara brondolan dari *fruit distributing conveyor* dimasukkan ke dalam *digester*, setelah sensor *fruit detector* mendeteksi adanya brondolan yang masuk, *digester* mulai proses pelumatan yang kira – kira lama proses dari atas sampai kebawah pengadukan 20 menit sebelum di *press*. Saat proses pelumatan suhu masa didalam juga selalu dipertahankan 90° - 95° dengan cara memberi uap panas bertekanan. Pisau – pisau pengaduk dan katup uap panas ini akan aktif bekerja jika *fruit detector* aktif yang berarti buah sawit sudah masuk kedalam *digester* untuk siap dilumat.

2.1.9 Pengepresan (*Screw Press*) [2][12][15][16]

Bahan yang keluar dari *digester* akan dilanjutkan proses pengepresan pada mesin *screw press*. Proses pengepresan dilakukan untuk memisahkan minyak kasar dari daging buah. Alat ini terdiri dari sebuah silinder yang berlubang – lubang dan mesin ini memanfaatkan

putaran dari *double screw press* dan *screw press cage* untuk mengeluarkan minyak dari gumpalan buah yang telah dilumat di *digester*.

Pengepresan ini juga dibantu dengan adanya tekanan lawan dari *adjusting cone* sebesar 40 – 50 bardengan memanfaatkan tenaga hidrolik. Power yang diperlukan untuk menggerakkan alat ini adalah 19 – 21 KWH dengan putaran *shaft* 12 – 14 rpm dengan electromotor. Untuk menurunkan *viskositas* minyak kasar dapat dilakukan penambahan air yang dilakukan di *oil gutter* sebelum dialirkan ke proses selanjutnya.



Gambar 2. 15 *Screw Press*

Selama proses pengepresan tekanan yang digunakan tidak boleh terlalu tinggi karena dapat mengakibatkan inti pecah, namun tekanan juga tidak boleh terlalu rendah karena dapat mengakibatkan ampas sisa pengepresan masih basah dan kerugian minyak pun bertambah. Minyak hasil pengepresan akan menuju ke *sand trap tank* untuk pengendapan. Hasil lain adalah ampas (biji dan fiber) yang akan dipisahkan menggunakan *cake breaker conveyor*. *Screw Press* akan aktif akibat sensor *fruit detector* aktif.

2.1.10 Oil Clarification

Cairan yang didapat dari mesin *press* merupakan campuran dari minyak, air, dan padatan (*non oily solids*). Untuk mendapatkan minyak yang memenuhi standart, maka diperlukan proses pemurnian yang disebut dengan klarifikasi. Minyak tersebut harus segera dimurnikan

agar tidak terjadi penurunan mutu yang disebabkan oleh reaksi hidrolisis dan oksidasi akibat dari bahan organik dan anorganik seperti Fe dan Cu. Pemisahan minyak dari fraksi lainnya dilakukan dengan berbagai cara seperti filtrasi, pengendapan, penguapan, pemisahan, dan lain – lain.

2.1.10.1 Tangki Pemisah Pasir (Sand Trap Tank)

Sand trap tank adalah tangki berbentuk silinder dengan bentuk kerucut pada bagian bawah. Alat ini dipakai untuk mengurangi pasir sebanyak mungkin dari cairan minyak kasar yang berasal dari *screw press* sebelum diteruskan ke *vibrating screen* agar terhindar dari gesekan pasir kasar yang dapat menyebabkan keausan *screen*. Alat ini bekerja berdasarkan gaya gravitasi dan perbedaan berat jenis untuk bisa mengendapkan padatan yang mempunyai berat jenis yang lebih besar dari minyak. Untuk memudahkan pengendapan pasir, cairan minyak kasar harus cukup panas yang diperoleh dengan mengaktifkan *heater*, sehingga suhu minyak kasar berkisar antara 95° - 115°.

Pengurasan pada tangki juga dilakukan secara rutin kira – kira 4 jam sekali untuk membuang endapan yang telah didapat dari minyak kasar melalui pipa penguras. Minyak kasar yang berada diatas akan keluar melalui pipa *overflow* menuju ke *vibrating screen*. Terdapat juga sensor *high level* yang berfungsi untuk mengaktifkan motor *vibrating screen* supaya minyak dari *sand trap tank* bisa diproses. Komponen pada *sandtrap* ini akan mulai aktif jika sensor *low level sandtrap tank* aktif.



Gambar 2. 16 Tangki *Sand Trap*

2.1.10.2 Saringan Bergetar (Oil Vibrating Screen)

Saringan bergetar (*vibrating screen*) berfungsi untuk memisahkan benda – benda padat yang terikut minyak kasar agar tidak terikut pada proses selanjutnya dengan cara diayak. Kecepatan dari ayakan *vibrating screen* mencapai 1400 rpm yang dikontrol melalui penyetelan bandul yang diikat pada *electromotor* 2.5 KW. Benda padat yang diayak bisa berupa ampas dan serat *fiber* yang tidak terendapkan pada *sand trap tank*. Saringan ini terdiri dari 2 tingkat saringan dengan luas permukaan masing – masing kurang lebih 2 m^2 . Tingkat atas dari saringan memakai kawat saringan 20 *mesh*, sedangkan pada saringan bawah memakai 40 *mesh*. Minyak yang telah disaring akan ditampung ke dalam tangki minyak kasar atau *crude oil tank*. Motor yang terdapat pada *vibrating screen* ini akan aktif jika *high level sandtrap tank* aktif.



Gambar 2. 17 *Vibrating Screen*

2.1.10.3 Crude Oil Tank (COT)

Crude oil merupakan tangki pengendapan minyak yang berasal dari *vibrating screen*. *Crude oil tank* berfungsi untuk mengendapkan partikel –partikel yang tidak larut dan masih lolos dari *sand trap* dan *vibrating screen*. Tangki ini mempunyai ukuran *relative* kecil sehingga waktu pengendapan menjadi singkat, maka dari itu pengendapan untuk partikel halus kurang berhasil dan hanya bisa mengendapkan pasir atau partikel besar. Pemisahan minyak bisa lebih sempurna apabila minyak dipertahankan dengan suhu $90^{\circ} - 95^{\circ}$, maka dari itu terdapat *steam coil* yang berfungsi sebagai pemanas yang akan aktif jika sensor *low level crude oil tank* aktif.

Fungsi utama dari COT adalah sebagai tempat penampungan sementara minyak dari *vibrating screen* sebelum dipompa ke *desanding cyclone* melalui *desanding pump*. *Desanding pump* ini akan aktif bekerja jika *high level crude oil tank* aktif yang juga akan mengaktifkan *desanding cyclone*.



Gambar 2. 18 *Crude Oil Tank*

2.1.10.4 *Desanding Cyclone*

Desanding cyclone adalah suatu komponen yang berfungsi untuk memisah pasir dengan minyak dengan cara diaduk dengan kecepatan tinggi yang akan menyebabkan gaya sentrifugal. Bagian minyak akan berputar dan naik ke atas, dan bagian pasir (berat jenis lebih besar) akan berkumpul dan mengalir ke bagian bawah *desanding cyclone*. Pada bagian dalam *desanding cyclone* juga terdapat komponen yang berfungsi untuk mengalirkan minyak yang ada pada *crude oil tank*. *Desanding cyclone* akan aktif apabila sensor *high level crude oil tank* aktif.



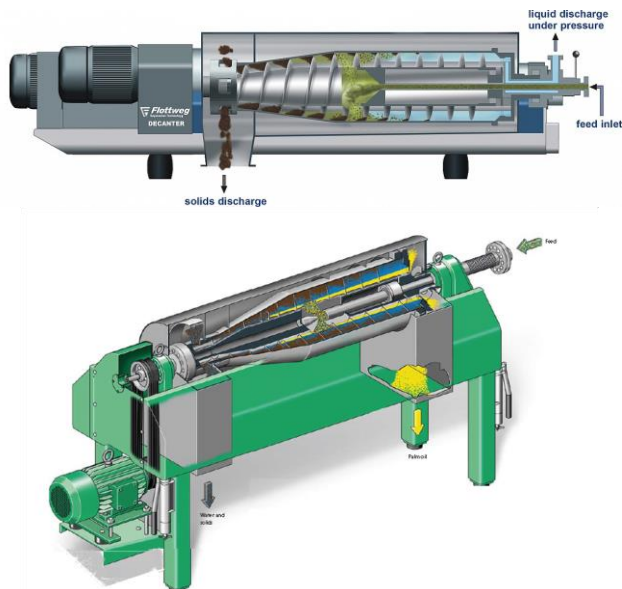
Gambar 2. 19 *Desanding Cyclone*

2.1.10.5 Decanter Feed Tank

Decanter feed tank adalah komponen yang berfungsi untuk menampung minyak sawit yang telah melalui proses *desanding cyclone*. Minyak sawit yang telah ditampung pada *decanter feed tank*, akan diteruskan pada proses *decanter centrifugal*. Pada bagian *decanter feed tank* terdapat pompa atau *pump*, yang akan aktif apabila sensor *level collection tank* aktif.

2.1.10.6 Decanter Centrifugal

Decanter merupakan alat yang berfungsi untuk memisahkan antara fraksi minyak dengan fraksi air (cair) dan fraksi padat (*sludge*) yang masih terbawa pada proses sebelumnya. Prinsip kerjanya yaitu lumpur yang mempunyai berat jenis yang lebih besar akan terlempar keluar melewati *nozzle* karena gaya sentrifugal, sedangkan minyak yang berat jenisnya lebih kecil akan terkumpul ditengah dan akan keluar menuju *vacuum drier* melewati *reclaimed oil pump*.



Gambar 2. 20 *Decanter*

2.1.10.7 Oil Purifier

Oil purifier berfungsi untuk tempat penampungan sementara karena proses pemisahan dari *decanter* sebelum di sedot oleh *steam ejector* pada *vacuum drier*.



Gambar 2. 21 *Oil Purifier*

2.1.10.8 Vacuum Drier

Minyak yang keluar dari *decanter* atau *oil purifier* masih mengandung air, maka dari itu perlu dikurangi lagi hingga bisa didapatkan mutu yang standar. Alat ini terdiri dari tabung tegak yang dihubungkan dengan *vacuum pump* untuk menurunkan tekanan dalam minyak hingga 50 TORR. Masuknya minyak kedalam alat ini tidak dengan pompa, melainkan dengan cara di hisap oleh kevakuman alat pengering. Pemisahan air dari minyak dipengaruhi oleh suhu minyak dan kehampaan udara didalam alat.

Air akan mudah menguap bila keadaan didalam tabung hampa udara dan suhu minyak yang masuk sudah tinggi. Uap air yang berada di tabung hampa akan menguap dan terhisap oleh *vacuum pump* 1 dan masuk ke kondensor 1, lalu sisa uap dari kondensor 1 terhisap oleh *vacuum pump* 2 dan masuk ke kondensor 2, sisa uap dari kondensor 2 akan dihisap oleh *vacuum pump* 3 dan dibuang ke atmosfer. Air yang terbentuk pada kondensor 1 dan 2 akan ditampung pada *hotwell tank*, sedangkan minyak yang susah menguap akan jatuh pada tabung hampa yang kemudian akan dipompa ke *oil storage tank* melalui *oil transfer pump*.



Gambar 2. 22 *Vacuum Drier*

2.1.11 Oil Storage Tanki [2][16]

Oil storage tank berfungsi sebagai tempat penyimpanan akhir minyak sawit yang dihasilkan dari proses pengolahan buah kelapa sawit. Suhu pada *storage tank* dipertahankan pada 50° - 60° agar minyak tidak beku karena dapat menyebabkan perubahan kualitas minyak yang didapat. Pada *oil storage tank* ini terdapat sensor high level yang berguna untuk mendeteksi *over storage* terhadap minyak.



Gambar 2. 23 *Oil Storage Tank*

2.2 Programmable Logic Controller (PLC) [21]

PLC adalah perangkat elektronik yang memiliki fungsi kendali untuk berbagai tipe dan tingkat kesulitan dan didesain untuk pemakaian di lingkungan industri yang keras, dimana perangkat ini dapat menyimpan instruksi dan menjalankan fungsi khusus seperti logika, *sequence*, *timing*, *counting* dan operasi aritmatika. PLC ini dirancang untuk menggantikan suatu rangkaian *relay* sekuensial dalam suatu sistem control. Selain dapat diprogram, alat ini juga dapat dikendalikan dan dioperasikan oleh orang yang tidak memiliki pengetahuan dibidang pengoperasian komputer.

PLC memiliki bahasa pemrograman yang mudah dipahami dan dapat dioperasikan bila program telah dibuat dengan menggunakan *software* yang sesuai dengan jenis PLC yang digunakan. Alat ini bekerja berdasarkan *input – input* yang ada dan tergantung dari keadaan pada suatu waktu yang kemudian akan meng-*on* atau meng-*off* kan *output*. Angka 1 menunjukkan bahwa keadaan dalam keadaan aktif atau terpenuhi, sedangkan angka 0 berarti keadaan dalam keadaan nonaktif atau tidak terpenuhi.

Terdapat dua jenis PLC berdasarkan ukuran dan kemampuannya seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.24 dan 2.25, yaitu :

1. Tipe *Compact*

Tipe ini memiliki ciri-ciri berukuran kecil (*power supply*), CPU, modul *input - output* dan modul komunikasi menjadi satu). Mempunyai jumlah *input/output* relatif sedikit, terbatas dan tidak dapat ditambah (*expand*) serta tidak dapat ditambah modul-modul khusus.



Gambar 2. 24 PLC Tipe *Compact*

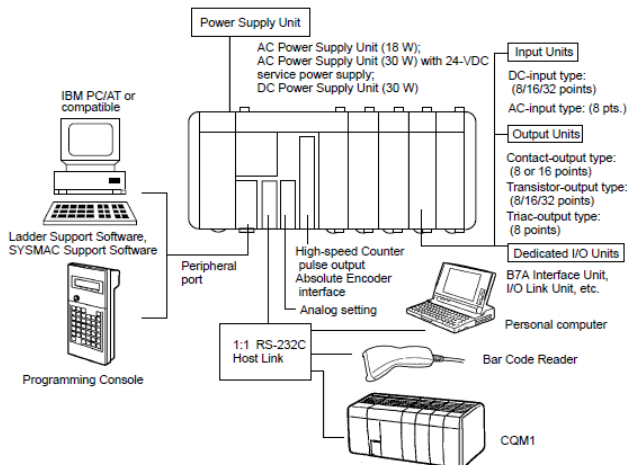
2. Tipe Modular

Tipe ini berukuran besar dan komponen – komponennya terpisah ke dalam modul – modul. Memungkinkan untuk ditambahkan modul *input/output* sehingga jumlah lebih banyak. Memungkinkan penambahan modul – modul khusus (*expandable*).



Gambar 2. 25 PLC Tipe *Modular*

Pada tugas akhir ini, PLC digunakan sebagai kendali dari proses kerja pengolahan kelapa sawit atau *crude palm oil process*. PLC yang digunakan adalah PLC Omron tipe *compact* dengan tipe perangkat CQM1 dan CPU 21. PLC ini memiliki 256 jumlah *input/output* digital.



Gambar 2. 26 PLC Omron *CQM1*

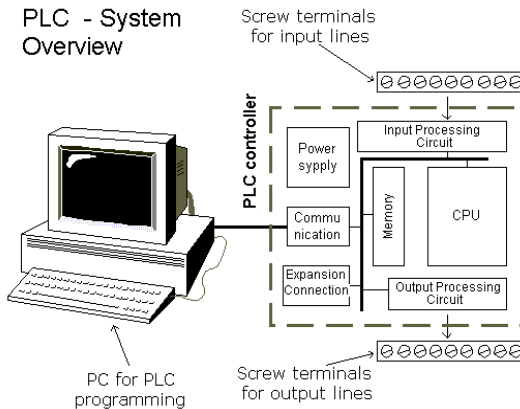
Gambar 2.26 menunjukkan tampak atas dari PLC Omron CQM1 beserta komponennya seperti unit CPU, *power supply*, dan I/O unit yang menjadi satu. Keterangan dari indikator ketika PLC beroperasi dijelaskan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Keterangan Indikator

No	Indikator	Status	Keterangan
1	POWER	<i>On</i>	PLC sedang terhubung dengan catu daya
		<i>Off</i>	PLC Tidak terhubung dengan catu daya
2	RUN	<i>On</i>	PLC beroperasi dalam mode MONITOR/RUN
		<i>Off</i>	PLC tidak dalam keadaan beroperasi
3	ERR/ALM	<i>On</i>	PLC ada kesalahan fatal
		<i>Blinking</i>	PLC ada kesalahan namun tidak fatal
		<i>Off</i>	PLC dalam keadaan normal
4	COM1	<i>Blinking</i>	Unit CPU berkomunikasi dengan perangkat lain melalui port perifer
		<i>Off</i>	Unit CPU tidak sedang berkomunikasi dengan perangkat lain
5	COM2	<i>Blinking</i>	Ketika CPU berkomunikasi dengan perangkat lain melalui port RS-232c (CQM1-CPU21)
		<i>Off</i>	CPU tidak berkomunikasi dengan perangkat lain
6	Input	<i>On</i>	Sinyal input aktif
		<i>Off</i>	Sinyal output nonaktif
7	Output	<i>On</i>	Sinyal output aktif
		<i>Off</i>	Sinyal output nonaktif

2.2.1 Komponen Dasar PLC

Dari Gambar 2.27 terlihat bahwa PLC bisa terhubung dengan peralatan *input/output* seperti tombol, lampu, dsb lewat terminal output dan PC (untuk kebutuhan pemrograman).



Gambar 2.27 Komponen Dasar PLC

Secara umum PLC tersusun oleh beberapa komponen diantaranya :

1. *Power supply*

Power supply mengubah suplai masukan listrik menjadi suplai listrik yang sesuai dengan CPU. Daya untuk PLC dapat berupa tegangan AC sebesar 120/240 VAC maupun tegangan DC sebesar 24 VDC. Selain itu PLC memiliki *power supply* internal (24 VDC) yang digunakan untuk menyediakan daya bagi peralatan I/O PLC.

2. *Central Processing Unit (CPU)*

Bagian ini merupakan otak atau jantung dari PLC, karena bagian ini yang bertugas untuk membaca, mengolah dan mengeksekusi instruksi program yang tersimpan dalam PLC. CPU dapat mengerjakan tugas yang berhubungan dengan operasi logika dan aritmetika karena memiliki elemen kontrol ALU (*Arithmetic and Logic Unit*). Disamping itu CPU juga melakukan pengawasan atas semua operasional kerja PLC, transfer informasi melalui internal bus antar PLC, *memory* dan I/O. Umumnya memori terletak di dalam CPU (satu modul) atau disebut memori *internal*. Apabila terdapat memori eksternal maka itu merupakan memori tambahan.

3. *Modul Input-Output*

Modul ini merupakan bagian yang menerima sinyal elektrik dari *input* fisik (sensor, tombol, dsb) atau komponen lain dan sinyal

itu akan dialirkan ke PLC untuk diproses yang lalu akan dialirkan ke *output* fisik (motor, lampu, pompa, dsb). Setiap *input/output* memiliki alamat khusus yang digunakan selama membuat program untuk memonitor aktifitas *input* dan *output* didalam program. Umumnya modul ini sudah terpasang secara *internal* di dalam PLC (ukuran *compact*). Untuk modul I/O yang terpisah dari CPU merupakan PLC modular.

4. Modul Komunikasi

Koneksi antara CPU dan komputer (PC) diperlukan modul komunikasi agar dapat dilakukan pemrograman pada PLC. Selain itu juga untuk melakukan pemantauan (*monitoring*) maupun pertukaran data dengan perangkat lain.

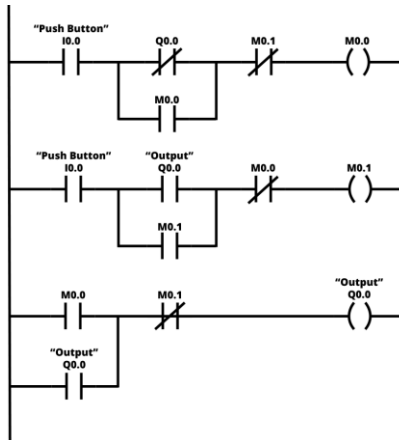
2.2.2 Bahasa Pemrograman PLC

Berdasarkan standar yang telah ditentukan oleh IEC (*International Electrotechnical Commission*), badan standardisasi dunia dalam bidang teknik elektro, terdapat beberapa bahasa pemrograman PLC, yaitu :

1. Ladder Diagram (LD)

Ladder diagram adalah bahasa pemrograman yang dibuat dari persamaan logika dan fungsi lain berupa pemrosesan data atau fungsi waktu dan pencacahan. *Ladder diagram* terdiri dari susunan kontak – kontak dalam grup perintah secara *horizontal* dari kiri ke kanan dan terdiri dari banyak group perintah secara *vertical*. Contoh dari kontak *ladder diagram* adalah *normally open contact* (NO), *normally close contact* (NC), *output coil*.

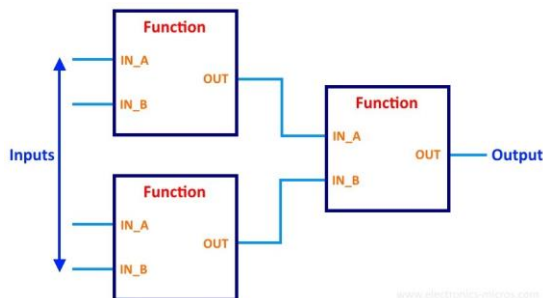
Ladder diagram merupakan bahasa pemrograman untuk PLC yang paling populer. Seperti namanya yaitu diagram tangga, Gambar 2.28 menunjukkan bahwa bentuk bahasa ini mirip dengan tangga (*ladder*).



Gambar 2. 28 Contoh *Ladder Diagram*

2. *Function Block Diagram (FBD)*

Function block diagram adalah suatu fungsi logika yang disederhanakan dalam gambar blok dan dapat dihubungkan dalam suatu fungsi atau digabungkan dengan fungsi blok lain. Program FBD muncul dalam bentuk kotak sebagai blok elemen yang dihubungkan bersama – sama dengan cara yang menyerupai diagram rangkaian. FBD berguna dalam aplikasi yang melibatkan tingkat tinggi informasi antara komponen control, seperti kontrol proses. *Block* seperti pada Gambar 2.29 menggambarkan hubungan antara variabel *input* dan *output* yang memiliki fungsi khusus seperti instruksi dan logika aritmetika.



Gambar 2. 29 Contoh *Function Block Diagram*

3. *Structured Text (ST)*

Structured text merupakan bahasa pemrograman berbasis teks tingkat tinggi (PHP, Python dan C) yang dapat memproses system logika ataupun algoritma dan memungkinkan pemrosesan system lain. Perintah umumnya menggunakan IF, THEN, ELSE, WHILE DO, REPEAT, UNTIL, dll.

```
IF value < 7 THEN
  WHILE value < 8 DO
    value := value + 1;
  END_WHILE;
END_IF;
```

Gambar 2. 30 Contoh *Structured Text*

Gambar 2.30 menunjukkan *syntax* dari ST dikembangkan mirip dengan *syntax* pada Bahasa pemrograman tingkat tinggi yang memiliki fungsi *loop*, variabel, kondisi dan operator.

4. *Instruction List (IL)*

Instruction List adalah bahasa pemrograman jenis tingkat rendah yang menggunakan *statementvariable* (huruf) sebagai *input* dan sangat efektif untuk pengaplikasian secara kecil dimana terdapat perintah – perintah yang sudah baku. *Instruction List* bisa menyajikan banyak *input* dan *output*.

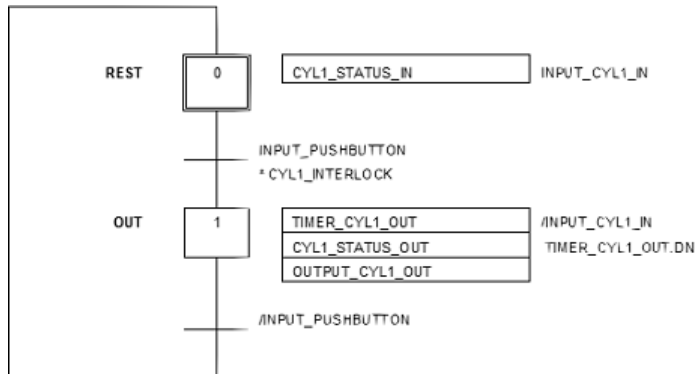
Step	Instruction	
0	LD	X400
1	OR	X402
2	LD	X401
3	OR	X403
4	ANB	
5	OUT	Y430

Gambar 2. 31 Contoh *Instruction List*

5. *Sequential Function Chart (SFC)*

SFC adalah bahasa program yang dibuat dan disimpan dalam *chart*. Bagian – bagian *chart* memiliki fungsi urutan langkah,

transisi, dan percabangan. Tiap step memiliki status proses dan bisa terdiri dari struktur yang berurutan.



Gambar 2. 32 Contoh *Sequential Function Chart*

2.2.3 Addressing dan Instruksi Dasar PLC Omron [21]

Addressing merupakan hal yang penting dari suatu pemrograman pada PLC, karena berfungsi sebagai identitas dari suatu komponen seperti *input* maupun *output*. Tiap jenis PLC memiliki aturan tersendiri dalam *addressing*, termasuk jenis PLC Omron yang akan dipakai pada tugas akhir kali ini. Pada Tabel 2.4 merupakan aturan dari *addressing* dari PLC jenis Omron.

Tabel 2. 4 Lebar Alamat Pada PLC *Omron*

No	Fungsi	Alamat
1	<i>Input bits</i>	000.00 – 015.15
2	<i>Output bits</i>	100.00 – 115.15
3	<i>Special bits</i>	244.00 – 255.07
4	<i>Timer/Counter</i>	TIM/CNT 000 - 511

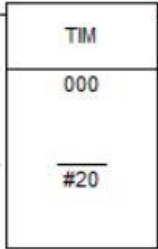
Penomoran alamat yang ada pada Tabel 2.4 akan ditempatkan pada komponen – komponen seperti *contact* dan *coil*. Sesuai pada informasi tabel, untuk *input bits* mempunyai lebar alamat antara 000.00 – 015.15, *output bits* mempunyai lebar alamat antara 100.00 – 115.15, *special bits*

atau bisa disebut *memory* yang mempunyai lebar alamat dari 244.00 – 255.07, dan *timer/counter* yang mempunyai lebar alamat dari 000 – 511.

Instruksi atau perintah dasar pada PLC dirancang untuk melakukan pemrograman pada PLC. Perintah-perintah tersebut dibutuhkan untuk menangani sistem kontrol pada mesin industri termasuk pada *crude palm oil process*. Tabel 2.5 menampilkan beberapa instruksi dasar yang nantinya akan dikonstruksikan ke *ladder diagram*.

Tabel 2. 5 Instruksi Dasar Pada PLC

Instruksi	Simbol	Keterangan
<i>Load</i>		Perintah ini digunakan jika kerja suatu sistem kontrol hanya membutuhkan satu keadaan logika, ketika <i>input</i> aktif, maka simbol juga akan aktif. <i>Load</i> merupakan kontak dari <i>Normally Open</i> (NO).
<i>Load Not</i>		Perintah ini digunakan jika kerja suatu sistem kontrol hanya membutuhkan satu keadaan logika. Cara kerjanya kenbalikan dari perintah <i>load</i> , jika <i>input</i> nonaktif maka simbol <i>load not</i> akan aktif. <i>Load Not</i> merupakan kontak dari <i>Normally Close</i> (NC).
<i>Out</i>		Mirip seperti <i>coil</i> pada <i>Normally Open</i> . Simbol akan aktif ketika mendapatkan sinyal dari <i>rung</i> di sebelah kiri <i>ladder</i> .
<i>Out Not</i>		Mirip seperti <i>coil</i> pada <i>Normally Close</i> . Simbol akan aktif ketika tidak mendapatkan sinyal dari <i>rung</i> di sebelah kiri <i>ladder</i> .

Instruksi	Simbol	Keterangan
<i>Timer</i>		Nilai pada <i>Timer</i> bisa bersifat mengitung mundur dari nilai awal yang ditetapkan atau bisa juga menghitung maju menuju nilai yang diinginkan, jika tercapai maka <i>contact timer</i> akan on.

2.3 OPC KEPServerEX

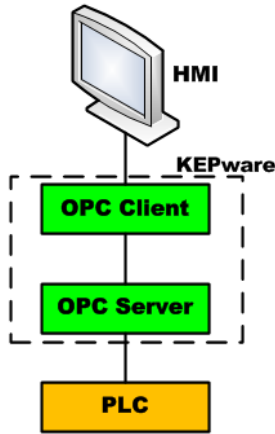
KEPServerEX merupakan perangkat lunak keluaran keppure yang berfungsi sebagai *OPC server* sekaligus *OPC client*. *OPC* merupakan kepanjangan dari *OLE for Process Control* (*OPC*) yang merupakan sebuah standar industri untuk antarkonektivitas sistem. *OPC* menggunakan teknologi *COM* dan *DCOM* dari Microsoft untuk membolehkan suatu aplikasi saling bertukar data dengan satu atau lebih komputer melalui arsitektur *TCP/IP*.

Tujuan dari *OPC* adalah menyediakan sebuah infrastruktur standar untuk pertukaran data kontrol proses. Misalnya, suatu pabrik memiliki berbagai sumber data seperti *PLC*, *DCS*, basisdata, dan sebagainya. Sumber data ini mempunyai berbagai macam koneksi seperti *serial*, *Ethernet*, atau bahkan pemancar radio. Sedangkan aplikasi kontrol prosesnya bisa menggunakan sistem operasi yang berbeda seperti *windows*, *UNIX*, *DOS*, atau *VMS*.

Kesimpulannya *OPC* merupakan suatu standar teknologi yang memungkinkan kita mengambil suatu dalam berbagai bentuk (*serial*, *Ethernet*, dll) tidak bergantung pada vendor manapun dan menampungnya dalam suatu server yang disebut *OPC server*, lalu data tersebut dapat diakses melalui *OPC client* untuk dapat diolah dan ditampilkan, misalnya dalam bentuk *human machine interface* (*HMI*).

2.3.1 Konfigurasi KEPServerEX5 [20]

Secara umum, komunikasi antara *HMI* dan *KEPServer* ditunjukkan pada Gambar 2.33.



Gambar 2. 33 Konfigurasi KEPServer

Untuk melakukan komunikasi antara KEPServer dan *Wonderware* ada 2 tahapan, yaitu pengaturan KEPServer dan pengaturan pada *Wonderware*. Konfigurasi ini juga berguna untuk berkomunikasi dengan perangkat keras yaitu PLC OMRON yang akan dipakai.

1. Pastikan PC telah terinstal oleh *CX-One*, *Wonderware InTouch*, *KEPServerEX5*.
2. Membuat program *ladder* sederhana sebagai contoh pada *CX-Programmer* kemudian download ke PLC OMRON (tipe yang dipakai CQM 1)
3. Klik kanan ikon *KEPServerEX5* pada *taskbar windows*, lalu pilih *setting*.
4. Pada tab *Runtime Process* pilih *Interactive* pada *Process Mode*, jika sudah klik OK.
5. Buka *KEPServerEX5 Configuration* sehingga akan muncul window.
6. Pada *toolbar* klik *File-Project Properties*, pada tab *FastDDE/SuiteLink* centang *Enable FastDDE/SuiteLink connection to the server*. *SuiteLink* merupakan protocol komunikasi dari *Wonderware InTouch*. Jika sudah klik OK.
7. Pada *toolbar* pilih *File-New*, kemudian klik pada tulisan *Click to add a channel* yang terdapat pada bagian kiri panel untuk membuat *channel* baru.

8. Pada *window* yang muncul isikan nama yang dikehendaki (contoh :....) kemudian klik *next* untuk memilih *Device Driver* yang akan digunakan.
9. *Device Driver* disesuaikan dengan perangkat yang digunakan. Pada tugas akhir ini pilih *Omron Host Link*, lalu klik *next* untuk mengatur *port* yang digunakan.
10. Pada *Connection type* pilih *COM Port* karena komunikasi PC dengan PLC menggunakan *COM Port*. Isikan nomor *port* yang digunakan pada *COM ID* (bisa dilihat pada *device manager*). Pastikan *port* tidak diakses oleh *software* lainnya, dan untuk isian lainnya biarkan *default* kemudian klik *next* hingga *finish*.
11. Setelah pengaturan *channel* selesai, klik tulisan *Click to add a device* pada bagian kiri panel untuk membuat *device* baru. Tiap *channel* dapat memuat 32 *device*. Pada *window* yang muncul isikan nama *device* yang diinginkan (contoh :...) kemudian klik *next*.
12. Pilih jenis PLC yang digunakan (CQM 1). Untuk *Device ID* isikan 0 kemudian klik *next*. Pada *Scan Mode* pilih *Respect client specified scan rate* kemudian klik *next*. Pada *autodemotion* bairkan *default* atau centang untuk *men-demote device* jika terjadi kegagalan dalam komunikasi, kemudian klik *next*. Pada *Intercharacter Delay* biarkan *default* lalu klik *next* dan klik *finish*. Untuk *timing parameter* biarkan *default*, lalu klik *next*.
13. Langkah selanjutnya memberi *tag* pada objek yang akan kita buat. *Tag* ini berisi alamat dari I/O PLC yang akan diakses oleh *Wonderware Intouch*. Pertama klik tulisan *Click to add static tag* pada bagian kanan panel.
14. Kita akan membuat dua *tag* yang mewakili *input* dan *output* dari program PLC yang telah dibuat sebelumnya. Penulisan *address* menggunakan *IR* yang ditujukan untuk *input* (*IR000.01*) dan *output* (*IR100.01*). Pada *Tag Properties* yang muncul, isikan nama yang dikehendaki beserta deskripsinya. Pada *Address* isikan *IR000.01* kemudian klik *apply*, jika ingin membuat *tag* lagi klik *new tag*. Alamat ini menunjukkan alamat dari PLC OMRON.
15. Selanjutnya akan dibuat nama yang mewakili PLC yang digunakan. Pada *toolbar* klik *Edit-Alias Map*, kemudian klik

New Alias. Pada jendela yang muncul beri nama alias sesuai keinginan dan pada Map to pilih

2.4 Wonderware InTouch [20]

Wonderware Intouch merupakan salah satu *software* SCADA yang dapat merepresentasikan keadaan *real* dari suatu proses plant tertentu. Dengan adanya *software* ini operator akan lebih mudah untuk mengamati dan mengawasi serta mengontrol suatu proses yang terletak pada suatu *plant* yang jauh dari ruang kontrol. Dengan adanya *software* ini, juga akan meningkatkan keselamatan operator dari suatu *plant* yang dapat membahayakan peran manusia didalamnya.

Wonderware Intouch sendiri merupakan program HMI yang dapat dikomunikasikan dengan beragam jenis PLC. Pada dasarnya protokol komunikasi yang digunakan oleh PLC dan *Wonderware* berbeda – beda tergantung dari jenis PLC nya. Dalam hal ini dibutuhkan OPC (*OLE for Process Control*) untuk melakukan komunikasi, dimana *OLE* adalah *Object Linking Embedding*. OPC yang dibutuhkan agar *Wonderware Intouch* dan PLC dapat berkomunikasi terdiri dari *OPC Client* dan *OPC Server*.

Pertama *Wonderware Intouch* dihubungkan terlebih dahulu dengan *WonderwareOPCLink* sebagai *OPCClient*, kemudian dihubungkan lagi dengan *OPCServer* yang berfungsi sebagai *driver* dari PLC. *WonderwareOPCLink* berfungsi sebagai *converted protocol* komunikasi. *OPC Link* terhubung dengan *OPC Server* mengubah perintah *client* ke protokol *OPC* dan mengirimkannya kembali ke *client* menggunakan *DDE*, *FastDDE*, atau *SuiteLink*. Berikut merupakan cara konfigurasi *Wonderware Intouch* terhadap *KEPserverEX5* :

1. Buka *Wonderware Intouch* sehingga muncul *Window Application Manager*.
2. Buka *project* baru dan isikan nama *project* beserta deskripsinya untuk membedakan satu *project* dengan lainnya. Jika sudah klik dua kali pada nama *project* yang baru dibuat sehingga muncul *window maker*.
3. Pada *Toolbar* klik *Special-Access Name* klik *add* untuk membuat *access name* baru. Pada *window* yang muncul isikan informasi sebagai berikut :
 - *Access* : isikan nama yang dikehendaki.
 - *Application Name* : *server_runtime* (nama ini tidak boleh diubah karena merujuk pada aplikasi *KEPserverEX5*)

- *Topic Name* : isikan sesuai dengan yang telah dibuat sebelumnya pada *Alias Map* pada *KEPserverEX5*.
- *Which Protocol to use* : pilih *SuiteLink*.

Jika sudah klik OK.

4. Selanjutnya akan dibuat *tag* pada *wonderware*. *Tag* ini akan terhubung dengan *tag* yang telah dibuat di *KEPserverEX5*. Pada *toolbar* klik *Special-Tagname Dictionary*. Pada jendela yang muncul klik *New* untuk membuat *tag* baru.

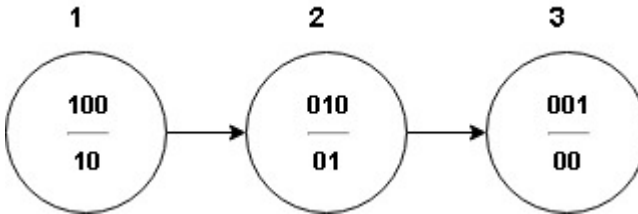
- *Tagname* : isikan nama *tag* yang dikehendaki.
- *Type* : *I/O discrete*.
- *Access Name* : Pilih sesuai dengan *Access name* yang telah dibuat sebelumnya.
- *Item* : pilih sesuai nama *tag* pada *KEPserverEX5*.

Jika sudah klik *save*. Untuk membuat *tagname* baru klik *New* dan ulangi langkah diatas.

5. Pertama buat *New Window* lalu isikan nama yang diinginkan dan pilih resolusi yang diinginkan dengan catatan tidak melebihi resolusi monitor. Untuk membuat *switch*, klik *wizard* (ikon topi) pada *toolbar*, lalu pilih *Switches – Rocker Switch – Ok*. Letakkan *switch* pada tempat yang diinginkan di *window* yang telah dibuat. Untuk membuat lingkaran klik pada gambar dibagian kanan panel lalu buat lingkaran pada *window*.
6. *Switch* selanjutnya akan dihubungkan dengan *tag input* dan lingkaran akan dihubungkan dengan *tag output*. Dengan cara klik dua kali pada *switch* kemudian isikan *tagname* dengan nama yang telah dibuat sebelumnya di *Tagname Dictionary*.
7. Untuk lingkaran, juga di klik dua kali sehingga akan muncul *window* dengan berbagai pilihan animasi. Akan dicoba dengan lingkaran akan berubah warna menjadi hijau jika *output* aktif dan hitam jika *output* nonaktif. Klik *Fill Color – Discrete*, isikan *tagname* yang diisikan seperti Gambar.. jika sudah klik Ok.
8. Sebelum menjalankan program yang telah dibuat, disimpan terlebih dahulu *window* yang telah dibuat, *file – save*. Untuk menjalankan program klik tombol *runtime* yang terletak dipojok kanan atas. Tekan dan lepas tombol *input* di PLC, kemudian cek apakah *output* terjadi perubahan warna.

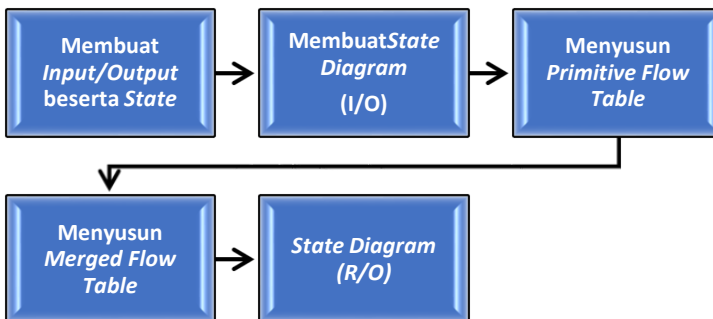
2.5 Flow-Table/State Diagram [3][5]

Metode *state diagram* atau *flow-table* merupakan suatu metode yang menggunakan grafik *state* untuk menggambarkan suatu keadaan sistem ke dalam bentuk lingkaran. Lingkaran inilah yang dimaksud dengan istilah *state*. Pada *state* tersebut berisi informasi data berupa *input* dan *output* dari sebuah sistem yang ditulis dalam bentuk digit biner seperti pada Gambar 2.34.



Gambar 2. 34 *State Diagram*

Pada Gambar 2.35 ditunjukkan langkah-langkah dalam membuat *state diagram*. Dimulai dengan deskripsi dari *input* dan *output* beserta keadaan dari tiap *state*-nya sangat diperlukan untuk mempermudah perancangan. Lalu dilakukan penyusunan *state diagram* sesuai dengan *input/output* sesuai dengan informasi yang ada pada deskripsi tabel. Setelah dilakukan penyusunan *state diagram*, kita bisa membuat *primitive flow table* dan *merged flow table*. Dan terakhir menyusun *state diagram* (R/O) sesuai dengan *merged flow table* hingga pada akhirnya dikonversikan ke dalam *ladder diagram*.



Gambar 2. 35 Langkah Desain *State Diagram*

2.3.1 Deskripsi I/O dan State

Deskripsi dari tiap bit *input* dan *output* diperlukan sebelum bisa menggambar *state diagram* (lihat pada Tabel 2.6). Selain itu, kondisi dari suatu sistem juga harus dijelaskan ke dalam bentuk tabel untuk memudahkan penulisan dalam menyusun *state diagram* (I/O) dan juga untuk mengetahui informasi yang ada pada tiap *state* (lihat pada Tabel 2.7)

Tabel 2.6 Keterangan I/O

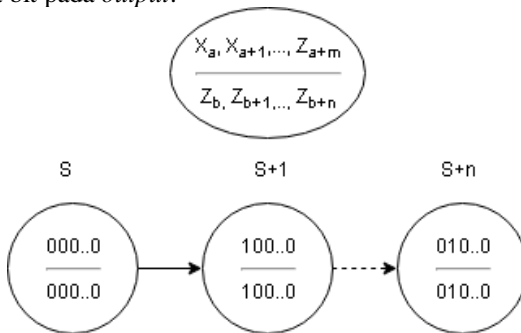
Bit	INPUT		OUTPUT	
	Keterangan	Simbol	Keterangan	Simbol
a , b	(contoh)	X_a	(contoh)	Z_b
a+1 , b+1	(start)	X_{a+1}	(Lori)	Z_{b+1}
....
a+m , b+n	(dst)	X_{a+m}	(dst)	Z_{b+n}

Tabel 2.7 Terjemahan Urutan *State Diagram* (I/O)

<i>State</i>	Kondisi <i>Input</i>	Kondisi <i>Output</i>	Syarat Perlu (<i>Input</i>)
<i>s</i>	Tombol <i>Start</i> ditekan	PistonLori <i>Feeder</i> aktif	Lori <i>Detector</i> nonaktif
<i>s+1</i>	Sensor <i>proximity</i> aktif	Piston Lori <i>Feeder</i> nonaktif	Lori <i>Detector</i> aktif
<i>s+2</i>	Sensor <i>loadshell</i> aktif	Pintu <i>Loading Ramp</i> aktif	TBS <i>Detector</i> aktif
....
<i>s+n</i>	(dan seterusnya)	(dan seterusnya)	(dan seterusnya)

2.3.2 Penyusunan State Diagram (I/O)

Untuk bisa menyusun *state diagram*, semua *input* dan *output* dituliskan dalam bentuk digit biner dan diurutkan dari pertama hingga akhir dengan susunan *input* per *output* (I/O). Sebuah *input* atau *output* dikatakan aktif jika mempunyai digit biner '1', sebaliknya jika mempunyai digit biner '0' akan dikatakan nonaktif. Banyaknya jumlah *input* ditulis dengan simbol " X_a " dan output dengan simbol " Z_b " serta dari jumlah *state* ditulis dengan simbol " s ". Anak panah menunjukkan transisi dari tiap *state* yang ada dan *state* akan beralih ke *state* selanjutnya jika ada perubahan pada bit *input* yang berakibat pada berubahnya bit pada *output*.



Gambar 2. 36 Penyusunan State Diagram (I/O)

2.3.3 Primitive Flow Table

Setelah menyusun *state diagram* (I/O) maka akan dilanjutkan dengan membuat *primitive flow table*. Table ini berisi beberapa informasi seperti posisi *state* stabil, *state* tidak stabil, dan *don't care* pada bit *input* dan *output* pada tiap *state* ke- s . Dimulai dengan mengisi kolom 'Row' yang merupakan kolom untuk nomor *state* mulai dari *state* pertama 's' hingga *state* terakhir 't'.

Tabel 2.8 Kombinasi Bit *Input*

Primitive Flow Table								
Row	Inputs X_a, X_{a+1}, X_{a+m}				Outputs Z_b, Z_{b+1}, Z_{b+n}			
	100..0	010..0	...	001..0	Z_b	Z_{b+1}	.....	Z_{b+n}
s	s	s+1	....	-			
s+1	-	s+1	....	-			
....				
s+n	-	-	....	s+n				

Kolom “Inputs” berisi kombinasi dari input yang berbeda dari tiap *state*. Kombinasi input ditulis dari bit input pertama hingga akhir didalam 1 sel seperti pada tulisan berwarna merah pada Tabel 2.8 Jika terdapat kombinasi *input* yang sama pada *state* yang berbeda maka cukup ditulis 1 kali saja. Setelah kombinasi *input* selesai disusun, dilanjutkan dengan menyusun *state* stabil, *state* tidak stabil, dan *don’t care*.

State stabil merupakan *state* yang memiliki kombinasi *input* yang sama dengan kombinasi bit *input* di *state* diagram (I/O). *State* stabil pada Tabel 2.8 ditandai dengan penomoran yang ditulis tebal (**bold**).

State tidak stabil adalah representasi dari suatu transisi di *state diagram* (I/O). Transisi yang dimaksud merupakan sebuah tanda yang keluar dari *state* 1 menuju *state* 2, yang artinya *state* 1 dapat menuju ke *state* 2 dengan melalui “*state* tidak stabil 2”. Pada Tabel 2.8 ditunjukkan dengan *state* yang tidak ditulis tebal tetapi cara pemberian nomor sama dengan *state* tujuan. Penempatan *state* tidak stabil berada pada kolom yang sama dengan kolom *state* tujuan tetapi masih dalam satu baris dengan *state* asal.

Kondisi *don’t care* adalah kondisi yang tidak berpengaruh pada susunan *state diagram* sehingga dapat diabaikan. Pada Tabel 2.8 semua sel – sel yang kosong setelah pengisian *state* stabil dan tidak stabil, dapat diisi dengan tanda “-” untuk menyatakan kondisi *don’t care*.

Tabel 2. 9Kombinasi Bit *Output*

Primitive Flow Table								
Row	Inputs X_a, X_{a+1}, X_{a+m}				Outputs Z_b, Z_{b+1}, Z_{b+n}			
	100..0	010..0	....	001..0	Z_b	Z_{b+1}	....	Z_{b+n}
s	s	s+1	....	-	0	0	....	0
s+1	-	s+1	....	-	1	0	....	0
.....
s+n	-	-	....	s+n	0	0	....	1

Pada Tabel 2.9, kolom “*outputs*” diisi dengan cara memasukkan kombinasi bit *output* dari tiap *state* ke dalam masing – masing kolom bit *output*. Misal terdapat kombinasi bit *output* ‘100’ pada *state* ke s+1, maka pada kolom pertama diisi bit output pertama (bit ‘1’), kolom kedua diisi bit output kedua (bit ‘0’), dan kolom terakhir akan diisi oleh bit output terakhir (bit ‘0’). Secara umum pada Tabel 2.9 menunjukkan cara penyusunan primitive flow table berdasarkan *state diagram* (I/O).

2.3.4 Merged Flow Table

Merged flow table merupakan tabel penyederhanaan *output* dan untuk menentukan jumlah *relay*. Informasi didalamnya akan digunakan untuk menyusun *state diagram* (R/O) yang akan dikonversi ke *ladder diagram*. Untuk melakukan *merged flow table* yaitu dengan menggabungkan baris yang memiliki kombinasi *output* yang sama pada *primitive flow table*. Pada Tabel 2.10 terdapat baris yang *output*-nya sama meski *state*-nya berbeda. Tujuan dari *merged flow table* ini adalah untuk meminimalkan penggunaan jumlah *relay*. Beberapa alasan untuk meminimalkan jumlah *relay* diantaranya :

1. Sebuah program yang panjang akan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk bisa dibaca dalam memori PLC dan akan lebih sulit untuk dipahami atau dicek..
2. Jika penggunaan *relay* terlalu banyak, kapasitas dari memori tidak akan cukup jika menggunakan plc yang murah dan kecil.
3. Semakin pendek program yang dapat dibuat maka akan meningkatkan kecepatan plc dalam merespon.

Tabel 2. 10 Kombinasi Bit *Output* yang Sama

Primitive Flow Table								
Row	Inputs X_a, X_{a+1}, X_{a+m}				Outputs Z_b, Z_{b+1}, Z_{b+n}			
	100..0	010..0	.....	001..0	Z_b	Z_{b+1}	...	Z_{b+n}
s	s	s+1	.....	-	1	0	...	0
s+1	-	s+1	.....	-	1	0	...	0
.....
s+n	-	-	.....	s+n	0	0	...	0

Pada Tabel 2.10 terdapat baris yang *output*-nya sama meskipun *state*-nya berbeda, yaitu *state* ‘s’ dan ‘s+1’. Baris – baris tersebut dapat digabungkan jika memenuhi syarat, antara lain :

1. Jika terdapat *state* stabil dan *state* tidak stabil pada kolom yang sama, baris yang digabungkan mendapatkan *state* stabil.
2. Jika terdapat nomor dan tanda “-” pada kolom yang sama, baris yang digabungkan mendapatkan nomor.
3. Jika hanya terdapat tanda “-” pada kolom, baris yang digabungkan mendapatkan tanda “-”.

Tabel 2. 11 Merged Flow Table (1)

Merged Flow Table								
Row	Input X_a, X_{a+1}, X_{a+m}				Output Z_b, Z_{b+1}, Z_{b+n}			
	100..0	010..0	....	001..0	Z_b	Z_{b+1}	....	Z_{b+n}
s, s+1	s	s+1	....	-	1	0	....	0
....
s+n	-	-	....	S+n	0	0	....	0

Langkah selanjutnya setelah menggabungkan baris yaitu menentukan jumlah *relay* yang akan digunakan. Jumlah dari *relay* yang digunakan harus bisa meng-cover jumlah baris yang telah digabung. Karena *output* dapat menghasilkan 2 *state* yaitu '0' atau '1', maka n buah dari *relay* dapat meng-cover sebanyak 2^n dari jumlah *state* yang berbeda.

Jika terdapat 5 *state* dari penggabungan baris, maka dibutuhkan minimal 3 buah *relay* (y_1, y_2 , dan y_3) sehingga menghasilkan 8 (2^3) kombinasi bit yang berbeda, diantaranya 111, 110, 101, 100, 011, 010, 001, 000 untuk tiap *state*-nya meskipun terdapat 3 *state* yang tidak digunakan. Penyusunan kombinasi bit pada kolom “System’s” hanya diperbolehkan terjadi perubahan bit sebanyak 1 bit saja.

Tabel 2. 12 Merged Flow Table (2)

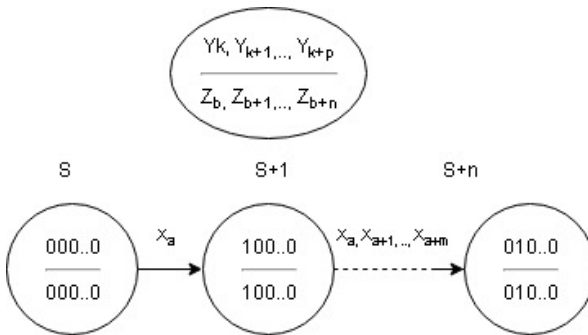
Merged Flow Table									
Row	Inputs $x_1x_2x_3x_4$				Outputs $z_1z_2z_3$			System's	
	1000	0100	0010	0001	z_1	z_2	z_3	y_1	y_2
1	1 →	2 ↓	-	-	1	0	0	1	1
2,4	-	2 ↓	3 ↓	4 ↑	0	0	0	0	0
3	-	-	3 ↓	4 ↑	0	1	1	1	0

Ilustrasi *merged flow table* yang sudah selesai disusun ditunjukkan oleh Tabel 2.11. Tanda panah pada Tabel 2.12 menunjukkan arah perpindahan *state*.

2.3.5 Penyusunan State Diagram (R/O)

Langkah terakhir dari metode ini adalah menyusun *state diagram* ke dalam bentuk *relay/output* berdasarkan pada *merged flow table*. Penulisan pada *state diagram* (R/O) sama seperti *state diagram* (I/O), hanya saja isi dari *state diagram* (R/O) berupa *relay/output*.

Seperti pada Tabel 2.12., hasil penggabungan antara baris 2 dengan 4 diketahui mempunyai bit *relay* '00' dan bit output '000' yang nantinya dalam penulisan di-*state* menjadi "00/000". Pada tanda anak panah juga menunjukkan arah perpindahan *state* yang memberi informasi bit *input* apa yang mengubah *state* sebelumnya ke *state* selanjutnya seperti " X_1 atau X_2 " dan seterusnya. Ilustrasi dari penulisan *state diagram* (R/O) ditunjukkan pada Gambar 2.37.



Gambar 2. 37 Penyusunan *State Diagram* (R/O)

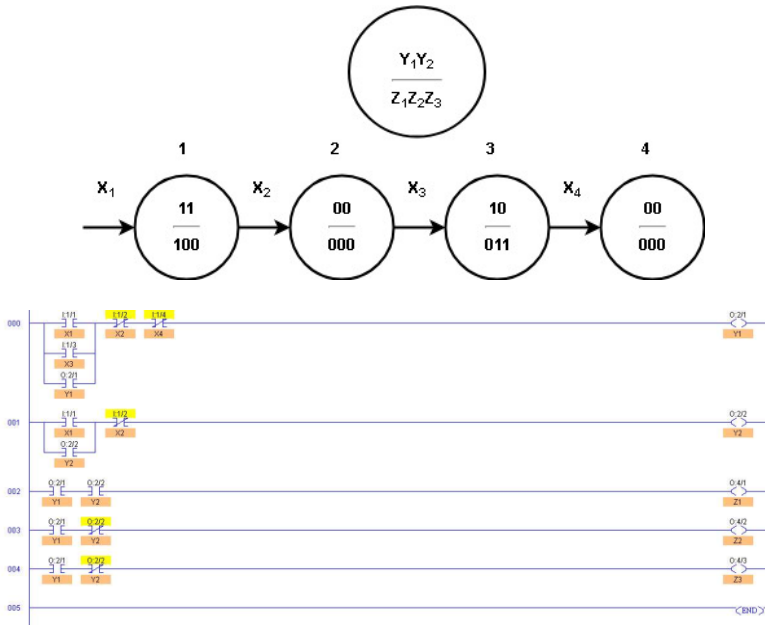
2.6 Konstruksi *State Diagram* (R/O)-*Ladder Diagram* [5]

Penerjemahan dari *state diagram* (R/O) ke *ladder diagram* diperlukan untuk bisa menjalankan PLC. Pada gambar ... terdapat 2 buah *relay* (" Y_1 dan Y_2 ") dan 3 buah *output* (" Z_1 , Z_2 , dan Z_3 ") yang akan dikonstruksikan ke bagian *ladder* dari setiap *relay* dan dilanjutkan dengan bagian *ladder* untuk setiap *output*-nya.

Perubahan bit pada *relay* diperlukan untuk mengetahui keadaan pada tiap *state* untuk penyusunan *ladder*. Berubahnya bit *relay* dari '0' ke bit '1' yang disebabkan oleh suatu *input* disebut dengan *set*. Sebaliknya jika bit *relay* berubah dari '1' ke bit '0' disebut sebagai *reset*. Bit *relay* dikatakan aktif apabila bit bernilai '1' dan dikatakan nonaktif apabila bit bernilai '0'.

State (R/O) yang ditunjukkan pada Gambar 2.38, *relay* " Y_1 " mengalami perubahan dari nonaktif ke aktif yang disebabkan oleh *input* " X_1 ". Lalu *relay* " Y_1 " menjadi nonaktif ketika ada *input* " X_2 ". Maka dari itu jika dikonversikan menjadi *ladder diagram* yaitu dengan menjadikan " Y_1 " menjadi *output* (coil) pada *rung* tersebut lalu dicari *set* dan *reset*-nya. Berdasarkan pada *state diagram* yang menjadi *set* untuk *relay* " Y_1 "

adalah input " X_1 " dan relay " Y_1 " itu sendiri (*Self-holding*). Lalu yang menjadi reset untuk relay " Y_1 " adalah input " X_2 ". " X_1 " dan " Y_1 " ditulis dalam bentuk NO (Normally open) dan " X_2 " ditulis dalam bentuk NC (Normally Close).Jika dituliskan, set untuk relay " Y_1 " adalah " X_1 " di-ordengan " Y_1 ".



Gambar 2. 38 Konstruksi State Diagram (R/O) – Ladder Diagram

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 3

PERANCANGAN SISTEM

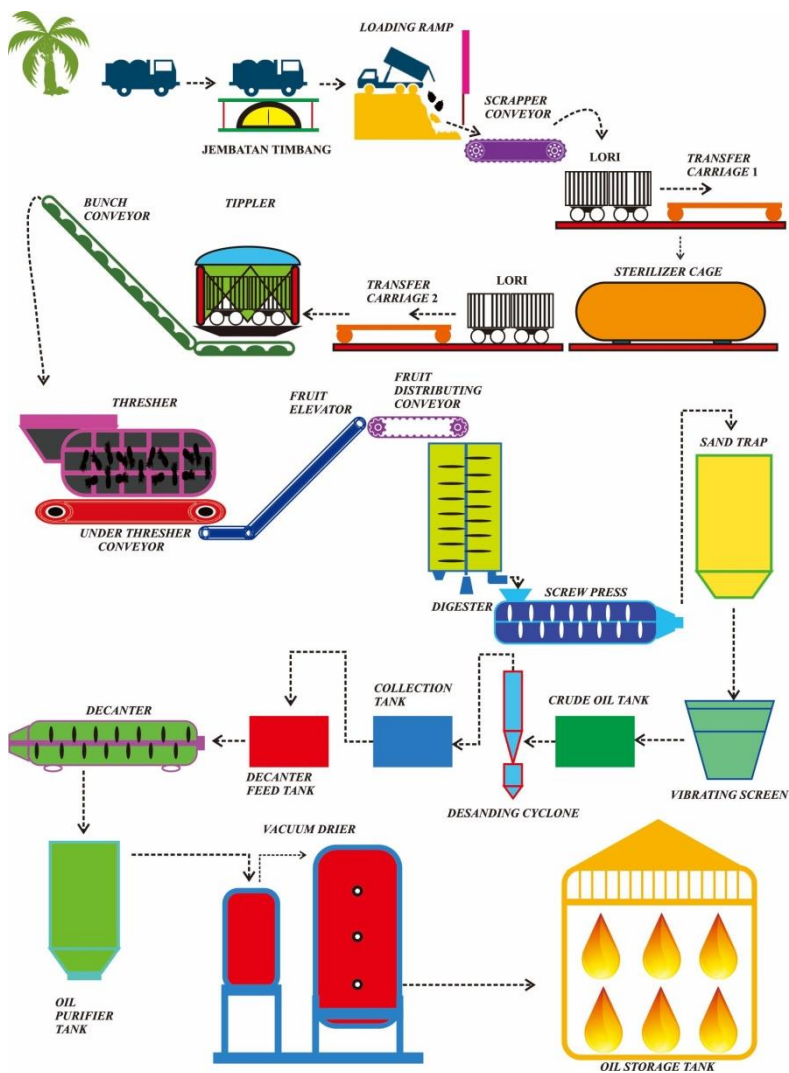
Untuk melakukan tahapan penelitian ini, dilakukan perumusan masalah dan menjawab perumusan masalah yang terdiri dari beberapa bagian. Dimulai dari tahap studi literatur yang berguna untuk mempelajari tentang proses pengolahan kelapa sawit menjadi minyak. Tahapan selanjutnya perumusan sistem dari pengolahan *Crude Palm Oil* dengan menyusun *input/output* sistem sehingga dapat menyusun langkah kerjanya. Kemudian merancang *state diagram* berdasarkan langkah kerjanya. *State diagram* yang telah dirancang akan dikonversikan ke dalam *ladder diagram* agar dapat diprogram di PLC.



Gambar 3. 1Tahap Perancangan

3.1 Perumusan Sistem *Crude Palm Oil Process*

Untuk memudahkan dalam pemahaman tentang langkah kerja dari proses *Crude Palm Oil* diperlukan mengetahui semua mesin atau komponen utama serta lokasi peletakannya yang terdapat dalam sistemnya, yakni sensor dan aktuator yang digunakan guna mendukung proses otomasi. Sensor berperan sebagai *input* pada sistem dan aktuator berperan sebagai *output* sistem. Oleh karena itu, pada Gambar 3.2 yang telah dirancang, bisa sedikit menggambarkan komponen dari sensor maupun aktuator yang akan digunakan nantinya. Setelah itu bisa dilanjutkan membuat langkah kerja sistem dari awal hingga akhir. Dengan adanya langkah kerja sistem dan *input/output* yang telah dirancang maka akan mempermudah dalam perancangan metode *state diagram*.



Gambar 3. 2 Sekuens Pengolahan *Crude Palm Oil*

3.1.1 I/O Sistem

Gambar 3.2 menunjukkan gambaran dari sistem *crude palm oil process* dimulai dari panennya buah kelapa sawit sampai dengan minyak jadi yang disimpan di *oil storage tank*. Dari situ dapat dirancang bagian *input* dan *output* (I/O) pada setiap sekuens beserta fungsinya dapat dilihat pada Tabel 3.1 (bagian *input*) dan Tabel 3.2 (bagian *output*).

Tabel 3. 1 *Input* Sistem

No	<i>Input</i>	Keterangan	Fungsi
1	PB_START	Tombol <i>Start</i>	Untuk memulai <i>crude palm oil process</i>
2	PX_LD1	<i>Lori Detector 1</i>	Memberikan sinyal bahwa terdapat lori pada <i>Line 1</i>
3	TBS_DET2	<i>TBS Detector 2</i>	Memberikan tanda terdapat TBS pada <i>Loading Ramp</i>
4	LSH_HGLR	<i>Limit Switch High HGLR</i>	Memberikan sinyal bahwa HGLR telah membuka maksimal
5	L_BSC	Sensor Beban <i>Scraper Conveyor</i>	Memberikan sinyal bahwa terdapat TBS pada <i>Scraper Conveyor</i>
6	TBS_DET1	<i>TBS Detector 1</i>	Memberikan tanda jika lori sudah terisi penuh sesuai kapasitasnya
7	LSL_HGLR	<i>Limit Switch Low HGLR</i>	Memberikan sinyal bahwa HGLR telah tertutup rapat
8	PX_LD2	<i>Lori Detector 2</i>	Memberikan sinyal bahwa terdapat lori pada <i>Transfer Carriage 1</i>
9	LSL_HPL1	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line 1</i>	Memberikan sinyal bahwa Piston Hidrolik <i>Line 1</i> sudah bergerak minimum
10	PX_PL21	<i>Pin Locking 2</i> untuk TC1	Memberikan tanda bahwa <i>Transfer Carriage 1</i> sudah terhubung dengan <i>Line 2 (Pin Locking)</i>
11	PX_LD3	<i>Lori Detector 3</i>	Memberikan sinyal bahwa terdapat lori pada <i>Line 2</i>
12	LSL_HPTC1	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Transfer Carriage 1</i>	Memberikan sinyal bahwa Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage 1</i> sudah bergerak minimum
13	PX_PL1	<i>Pin Locking 1</i>	Memberikan tanda bahwa <i>Transfer Carriage 1</i> sudah terhubung dengan <i>Line 1 (Pin Locking)</i>

No	Input	Keterangan	Fungsi
14	LS_1	<i>Limit Switch 1</i>	Memberikan tanda bahwa Pintu Depan <i>Sterilizer</i> sudah terbuka
15	PX_EPC1	<i>Proximity End-Position Connecting Rail Bride 1</i>	Memberikan tanda posisi akhir dari jalur <i>Connecting Rail Bride 1</i>
16	PX_LD4	<i>LoriDetector 4</i>	Memberikan sinyal bahwa terdapat lori pada <i>Sterilizer Cage</i>
17	LSL_HPL2	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line 2</i>	Memberikan sinyal bahwa Piston Hidrolik <i>Line 2</i> sudah bergerak minimum
18	PX_SPC1	<i>Proximity Start-Position Connecting Rail Bride 1</i>	Memberikan sinyal posisi awal pada <i>Connecting Rail Bride 1</i>
19	LS_2	<i>Limit Switch 2</i>	Memberikan tanda bahwa Pintu Depan <i>Sterilizer</i> sudah tertutup
20	TIM1	<i>Timer 1 Contact</i>	<i>Timer 1</i> telah tercapai
21	PT1_1	<i>Pressure Transmitter 1_1</i>	Membaca tekanan di dalam <i>Sterilizer Cages</i> (tekanan mencapai 2.0 bar)
22	TIM2	<i>Timer 2 Contact</i>	<i>Timer 2</i> telah tercapai
23	PT1_2	<i>Pressure Transmitter 1_2</i>	Membaca tekanan di dalam <i>Sterilizer Cages</i> (tekanan mencapai 0 bar)
24	TIM3	<i>Timer 3 Contact</i>	<i>Timer 3</i> telah tercapai
25	PT1_3	<i>Pressure Transmitter 1_3</i>	Membaca tekanan di dalam <i>Sterilizer Cages</i> (tekanan mencapai 2.5 bar)
26	TIM4	<i>Timer 4 Contact</i>	<i>Timer 4</i> telah tercapai
27	PT1_4	<i>Pressure Transmitter 1_4</i>	Membaca tekanan di dalam <i>Sterilizer Cages</i> (tekanan mencapai 0 bar)
28	TIM5	<i>Timer 5 Contact</i>	<i>Timer 5</i> telah tercapai
29	PT1_5	<i>Pressure Transmitter1_5</i>	Membaca tekanan di dalam <i>Sterilizer Cages</i> (tekanan mencapai 3.0 bar)
30	TIM6	<i>Timer 6 Contact</i>	<i>Timer 6</i> telah tercapai
31	TIM7	<i>Timer 7 Contact</i>	<i>Timer 7</i> telah tercapai
32	PT1_6	<i>Pressure Transmitter1_6</i>	Membaca tekanan di dalam <i>Sterilizer Cages</i> (tekanan mencapai

No	Input	Keterangan	Fungsi
			1.5 bar)
33	TIM8	<i>Timer 8 Contact</i>	<i>Timer 8</i> telah tercapai
34	PT1_7	<i>Pressure Transmitter 1_7</i>	Membaca tekanan di dalam <i>Sterilizer Cages</i> (tekanan mencapai 0 bar)
35	LS_3	<i>Limit Switch 3</i>	Memberikan tanda bahwa Pintu Belakang Sterilizer sudah terbuka
36	PX_EPC2	<i>Proximity End-Position Connecting Rail Bride 2</i>	Memberikan sinyal posisi akhir pada <i>Connecting Rail Bride 2</i>
37	PX_LD5	<i>Lori Detector 5</i>	Memberikan sinyal bahwa terdapat lori pada <i>Transfer Carriage 2</i>
38	PX_SPC2	<i>Proximity Start-Position Connecting Rail Bride 2</i>	Memberikan sinyal posisi awal pada <i>Connecting Rail Bride 2</i>
39	LS_4	<i>Limit Switch 4</i>	Memberikan tanda bahwa pintu belakang sterilizer sudah tertutup
40	PX_PL3	<i>Pin Locking 3</i>	Memberikan tanda bahwa <i>Transfer Carriage 2</i> sudah terhubung dengan <i>Line 3 (Pin Locking)</i>
41	PX_LD6	<i>Lori Detector 6</i>	Memberikan sinyal bahwa terdapat lori pada <i>Line 3</i>
42	LSL_HPTC2	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Transfer Carriage 2</i>	Memberikan sinyal bahwa Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage 2</i> sudah bergerak minimum
43	PX_PL22	<i>Pin Locking 2 untuk TC2</i>	Memberikan tanda bahwa <i>Transfer Carriage 2</i> sudah terhubung dengan <i>Line 2 (Pin Locking)</i>
44	PX_LD7	<i>Lori Detector 7</i>	Memberikan sinyal bahwa terdapat lori pada <i>Tippler</i>
45	LS_5	<i>Limit Switch High Tippler</i>	Memberikan tanda bahwa <i>Tippler</i> sudah berputar 360 derajat
46	TIM9	<i>Timer 9 Contact</i>	Memberi waktu untuk <i>tippler</i> berhenti berputar dengan waktu 10 detik
47	LS_6	<i>Limit Switch Low Tippler</i>	Memberikan tanda bahwa <i>Tippler</i> sudah berada pada posisi awal

No	Input	Keterangan	Fungsi
48	PX_EPL3	<i>Proximity End-Position Line 3</i>	Memberikan sinyal posisi akhir pada <i>Line 3</i> atau lori telah berada di <i>Tippler</i>
49	L_BC	Sensor Beban <i>BunchConveyor</i>	Membawa tandan buah segar menuju <i>Thresher</i>
50	FD1	<i>Fruit Detector 1</i>	Memberikan sinyal bahwa terdapat tandan buah segar di dalam <i>Thresher</i>
51	L_UTC	Sensor Beban <i>Under Thresher Conveyor</i>	Memberikan sinyal bahwa terdapat tandan buah segar yang telah rontok di atas <i>Under Thresher Conveyor</i>
52	L_FE	Sensor Beban <i>Fruit Elevator</i>	Memberikan sinyal bahwa terdapat tandan buah segar yang telah rontok di dalam <i>Elevator</i>
53	L_FDC	Sensor Beban <i>Fruit Distributing Conveyor</i>	Memberikan sinyal bahwa terdapat tandan buah segar yang telah rontok di atas <i>Fruit Distributing Conveyor</i>
54	FD2	<i>Fruit Detector 2</i>	Memberikan sinyal bahwa terdapat tandan buah segar di dalam <i>Digester</i>
55	FD3	<i>Fruit Detector 3</i>	Memberikan sinyal bahwa terdapat tandan buah segar di dalam <i>Screw Press</i>
56	LSH_DIG	<i>High Level Digester Tank</i>	Memberikan tanda bahwa <i>Digester Tank</i> telah terisi penuh
57	LL_STT	<i>Low Level Sand Trap Tank</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>level</i> minyak pada <i>Sand Trap</i> minimum
58	TIM10	<i>Timer 10 Contact</i>	Memberi waktu untuk proses pengendapan pada <i>sand trap tank</i> dengan waktu 10 detik
59	TIM11	<i>Timer 11 Contact</i>	Memberi waktu untuk proses pembukaan katup pembuangan pasir dengan waktu 10 detik
60	HL_STT	<i>High Level Sand Trap Tank</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>level</i> minyak pada <i>Sand Trap</i> maksimum
61	LL_COT	<i>Low Level Crude Oil Tank Tank</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>level</i> minyak pada <i>Crude Oil Tank</i> minimum
62	HL_COT	<i>High Level</i>	Memberikan sinyal bahwa

No	Input	Keterangan	Fungsi
		<i>Crude Oil Tank</i>	<i>level</i> minyak pada <i>Crude Oil Tank</i> maksimum
63	LCT	<i>Sensor Level Collection Tank</i>	Memberikan sinyal bahwa <i>level</i> minyak pada <i>Level Collection Tank</i> maksimum
64	SLD	<i>Sensor Level Decanteer</i>	Memberikan sinyal bahwa minyak telah berada pada <i>decanter</i> .
65	SLVD	<i>Sensor Level Vacum Drier</i>	Memberikan sinyal bahwa minyak telah berada pada <i>Vacum Drier</i>
66	SHLVD	<i>Sensor High Level Vacum Drier</i>	Memberikan sinyal bahwa level minyak pada <i>Vacum Drier</i> telah maksimum
67	LOST	<i>Sensor Level Oil Storage Tank</i>	Memberikan sinyal bahwa minyak pada <i>Oil Storage Tank</i> telah maksimum
68	SW1_MLM	Mode <i>LineMaintenance</i> untuk TC1	Memberikan tanda kepada <i>Transfer Carriage 1</i> untuk menuju <i>Line Maintenance 1</i>
69	PX_PLM1	<i>Pin Locking Line Maintenance 1</i>	Memberikan tanda bahwa <i>Transfer Carriage 1</i> sudah terhubung dengan <i>Line Maintenance (Pin Locking) 1</i>
70	PX_LD8	Lori <i>Detector 8</i>	Memberikan sinyal bahwa terdapat lori pada <i>Line Maintenance 1</i>
71	PX_EPLM1	<i>Proximity End-Position Line Maintenance 1</i>	Memberikan sinyal posisi akhir pada <i>Line Maintenance 1</i>
72	LSL_HPLM1	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line Maintenance 1</i>	Memberikan sinyal bahwa Piston Hidrolik <i>Line Maintenance 1</i> sudah bergerak minimum
73	SW2_MLM	Mode <i>LineMaintenance</i> untuk TC2	Memberikan tanda kepada <i>Transfer Carriage 2</i> untuk menuju <i>Line Maintenance 2</i>
74	PX_PLM2	<i>Pin Locking Line Maintenance 2</i>	Memberikan tanda bahwa <i>Transfer Carriage 2</i> sudah terhubung dengan <i>Line Maintenance (Pin Locking) 2</i>
75	PX_LD9	Lori <i>Detector 9</i>	Memberikan sinyal bahwa terdapat lori pada <i>Line Maintenance 2</i>

No	Input	Keterangan	Fungsi
76	PX_EPLM2	<i>Proximity End-Position Line Maintenance 2</i>	Memberikan sinyal posisi akhir pada <i>Line Maintenance 2</i>
77	LSL_HPLM2	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line Maintenance 2</i>	Memberikan sinyal bahwa Piston Hidrolik <i>Line Maintenance 2</i> sudah bergerak minimum
78	SW1_ML2	Mode <i>Line 2</i> untuk TC1	Memberikan tanda kepada <i>Transfer Carriage 1</i> untuk menuju <i>Line 2</i>
79	SW2_ML3	Mode <i>Line 3</i> untuk TC2	Memberikan tanda kepada <i>Transfer Carriage 2</i> untuk menuju <i>Line 3</i>
80	PB_STOP	Tombol <i>Stop</i>	Untuk memberhentikan <i>crude palm oil process</i>

Tabel 3. 2 *Output Sistem*

No	Output	Keterangan	Fungsi
1	HP_LF	Piston Hidrolik <i>Lori Feeder</i>	Menarik lori masuk ke <i>Line 1</i>
2	HGLR	Pintu Hidrolik <i>Loading Ramp</i>	Mengeluarkan TBS yang berada di <i>Loading Ramp</i>
3	SCP_CONV	<i>Scraper Conveyor</i>	Berfungsi sebagai <i>feeder</i> , membawa TBS dan menumpahkannya pada lori-lori di <i>Line</i> .
4	HP_L1	Piston Hidrolik <i>Line 1</i>	Membawa lori-lori menuju <i>Transfer Carriage 1</i>
5	M_TC1	Motor <i>Transfer Carriage 1</i>	Memindahkan <i>Transfer Carriage 1</i>
6	HP_TC1	Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage 1</i>	Menggerakkan <i>Transfer Carriage 1</i> menuju <i>Line 2</i> atau <i>Line Maintenance</i>
7	SC_FD	Pintu Depan <i>Sterilizer</i>	Menutup bagian depan <i>SterilizerCage</i> agar tekanan dan suhu didalam <i>cage</i> dapat terjaga
8	CRB1	<i>Connecting Rail Bride 1</i>	Menghubungkan <i>Line</i> di luar <i>Sterilizer Cage</i> dengan <i>Line</i> di dalam <i>Sterilizer Cage</i>
9	HP_L2	Piston Hidrolik <i>Line 2</i>	Mendorong lori-lori pada <i>Line Sterilizer (Line 2)</i>

No	Output	Keterangan	Fungsi
10	STIN_VALVE	Katup <i>Inlet</i> Uap Panas	Memasukkan uap ke dalam <i>Sterilizer Cage</i> (aerasi)
11	CONV	Katup Kondensat	Membuang <i>steam</i> saat proses sterilisasi untuk keperluan pengaturan besar tekanan uap (<i>steam</i>) saat proses
12	EX_VALVE	Katup <i>Exhaust</i> Uap Panas	Mempercepat pengosongan tekanan uap (<i>steam</i>) di dalam <i>Sterilizer Cage</i>
13	TIM1	<i>Timer 1 Coil</i>	Memberi waktu untuk proses <i>peak</i> pertama dengan waktu 10 detik
14	TIM2	<i>Timer 2 Coil</i>	Memberi waktu untuk proses penurunan tekanan pada <i>peak</i> pertama dengan waktu 10 detik
15	TIM3	<i>Timer 3 Coil</i>	Memberi waktu untuk proses <i>peak</i> kedua dengan waktu 10 detik
16	TIM4	<i>Timer 4 Coil</i>	Memberi waktu untuk proses penurunan tekanan pada <i>peak</i> kedua dengan waktu 10 detik
17	TIM5	<i>Timer 5 Coil</i>	Memberi waktu untuk proses <i>peak</i> ketiga dengan waktu 10 detik
18	TIM6	<i>Timer 6 Coil</i>	Memberi waktu pada saat <i>holding on</i> sterilisasi dengan waktu 10 detik
19	TIM7	<i>Timer 7 Coil</i>	Memberi waktu untuk menurunkan setengah tekanan pada saat proses <i>holding on</i> dengan waktu 10 detik
20	TIM8	<i>Timer 8 Coil</i>	Memberi waktu saat penurunan tekanan akhir menandakan proses sterilisasi selesai dengan waktu 10 detik
21	SC_BD	Pintu Belakang <i>Sterilizer</i>	Menutup bagian belakang <i>Sterilizer Cage</i> agar tekanan dan suhu didalam <i>cage</i> dapat terjaga
22	CRB2	<i>Connecting Rail Bride 2</i>	Menutup <i>Sterilizer Cage</i> agar tekanan dan suhu didalam <i>cage</i> dapat terjaga
23	M_TC2	Motor <i>Transfer</i>	Memindahkan <i>Transfer</i>

No	Output	Keterangan	Fungsi
		<i>Carriage 2</i>	<i>Carriage2</i>
24	HP_TC2	Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage 2</i>	Menggerakkan <i>Transfer Carriage 1</i> menuju <i>Line 3</i> atau <i>Line Maintenance</i>
25	HP_L3	Piston Hidrolik <i>Line 3</i>	Membawa lori-lori bergerak memasuki tippler
26	M_TPPLR	Motor <i>Tippler</i>	Berfungsi untuk menumpahkan TBS ke <i>Bunch Hopper</i> atau <i>Bunch Conveyor</i>
27	TIM9	<i>Timer 9 Coil</i>	Memberi waktu pada <i>tippler</i> untuk menjatuhkan TBS
28	BNC_CONV	<i>Bunch Conveyor</i>	Berfungsi untuk membawa TBS ke <i>Thresher Drum</i>
29	M_THR	Motor <i>Thresher</i>	Menebah TBS agar terpisah antara buah sawit dengan janjangnya
30	UTHR_CONV	<i>Under Thresher Conveyor</i>	Menampung buah sawit hasil <i>Thresher</i> dan membawa buah sawit ke <i>Elevator</i>
31	FRELV	<i>Fruit Elevator</i>	Membawa buah sawit ke <i>Fruit Distributing Conveyor</i>
32	FDC	<i>Fruit Distributing Conveyor</i>	Berfungsi untuk membawa buah sawit menuju <i>Digester</i>
33	M_BSD	Motor <i>Blade dan StringDigester</i>	Melumat buah sawit agar proses pemerasan buah sawit dapat optimal menghasilkan minyak
34	STV_DIG	Katup Uap Panas <i>Digester Tank</i>	Berfungsi untuk mengalirkan uap panas ke <i>Digester Tank</i>
35	M_SP	Motor <i>ScrewPress</i>	Memeras buah sawit dan memisahkan antara minyak, nut dan fiber.
36	ST	<i>Heater Sand Trap Tank</i>	Memanaskan suhu minyak pada <i>Sand Trap Tank</i> hingga 90°C
37	TIM10	<i>Timer 10 Coil</i>	Memberi waktu untuk proses pengendapan pada sandtrap sebelum katup pembuangan pasir membuka.
38	KPP	Katup Pembuangan Pasir	Membuang endapan pasir pada <i>Sand Trap Tank</i>

No	Output	Keterangan	Fungsi
39	TIM11	<i>Timer 11 Coil</i>	Memberi waktu pada pembukaan katup pembuangan pasir dengan waktu 10 detik.
40	M_VS	<i>Motor Oil Vibrating Screen</i>	Berfungsi untuk memisahkan sludge & pengotor padat
41	SCCOT	<i>Steam Coil Crude Oil Tank</i>	Memanaskan suhu minyak pada <i>Crude Oil Tank</i> hingga 95°C
42	DP	<i>Desanding Pump</i>	Berfungsi untuk membawa crude oil menuju <i>Desanding Cyclone</i>
43	DC	<i>Desanding Cyclone</i>	Berfungsi untuk <i>twice purification</i>
44	DEC_FP	<i>Decanter Feed Pump</i>	Berfungsi untuk membawa oil ke <i>Decanter Feed Tank</i>
45	M_DEC	<i>Motor Decanter</i>	Berfungsi untuk <i>Centrifugal Separation</i>
46	REC_OP	<i>Reclaimed Oil Pump</i>	Berfungsi untuk membawa <i>light phase oil</i> ke <i>Oil Purifier Tank</i>
47	VD	<i>Vacuum Drier</i>	Berfungsi untuk menghilangkan <i>moisture</i>
48	OTP	<i>Oil Transfer Pump</i>	Berfungsi untuk membawa <i>light phase oil</i> menuju <i>Oil Storage Tank</i>
49	HP_LM1	<i>Piston Hidrolik Line Maintenance 1</i>	Membawa lori-lori di sepanjang <i>Line Maintenance</i>
50	HP_LM2	<i>Piston Hidrolik Line Maintenance 2</i>	Membawa lori-lori di sepanjang <i>Line Maintenance</i>
51	MB_TC1	<i>Motor Balik TC 1</i>	Memindahkan <i>Transfer Carriage 1</i> (Motor Balik)
52	MB_TC2	<i>Motor Balik TC 2</i>	Memindahkan <i>Transfer Carriage 2</i> (Motor Balik)

3.1.2 Langkah Kerja Sistem

Setelah mengetahui semua komponen utama (bagian dan fungsi dari I/O sistem) yang mendukung proses otomasi pada *crude palm oil process*, langkah selanjutnya adalah menyusun langkah dari cara kerja pengolahan *crude palm oil*. Pada penyusunannya, penulis memecah proses menjadi ke beberapa sub proses untuk memudahkan dalam

perancangan *state diagram* dan konstruksi *ladder*. Berikut penjelasan dari setiap sub proses:

3.1.2.1 Sub Proses 1

Proses pengolahan dimulai dari ditekannya tombol *start* yang akan membuat piston hidrolik lori *feeder* bergerak maju untuk mendorong lori (*cages*) menuju tempat dimana buah akan dijatuhkan. Sub proses ini dibagi menjadi 2 langkah :

1. Jika tombol *start* ditekan maka piston hidrolik *feeder* akan bergerak maju untuk mendorong lori menuju tempat penampungan buah. Selain tombol *start*, ada juga sensor *pin locking maintenance* 1, *pin locking* 3, dan juga *pin locking maintenance* 2 yang bisa mengaktifkan kembali piston lori *feeder* untuk mengulang proses. Proses ini bisa dimulai dengan syarat *lori detector* 1, *lori detector* 2, dan sensor *level oil storage tank* nonaktif.
2. Setelah lori bergerak sampai pada tempat penjatuhan buah, maka *lori detector* 1 akan aktif dan akan menonaktifkan piston lori *feeder* supaya bergerak mundur.

3.1.2.2 Sub Proses 2

Sub proses 2 merupakan lanjutan dari subproses 1 dimana pintu hidrolik *ramp* akan bergerak aktif untuk menjatuhkan buah sawit dan akan dibawa oleh *scraper conveyor* untuk dijatuhkan pada lori yang sudah ada.

1. Saat *lori detector* 1 aktif yang menandakan lori sudah pada tempat penjatuhan buah, maka akan mengaktifkan pintu hidrolik *ramp* untuk membuka dengan syarat *limit switch low* HGLR dan sensor beban tandan buah segar (TBS) aktif.
2. Saat pintu aktif dan mencapai batas maksimum, maka *limit switch high* HGLR akan aktif dan menonaktifkan pintu *ramp* untuk berhenti membuka.
3. Saat TBS jatuh maka akan mengaktifkan sensor beban *scraper conveyor* dan *conveyor* akan bergerak jalan dengan syarat *lori detector* 1 aktif.
4. Saat pengisian TBS pada lori sudah mencapai batas maksimum, maka sensor beban TBS 1 akan aktif yang akan mengakibatkan *scraper conveyor* nonaktif dan pintu hidrolik *ramp* untuk aktif menutup.

5. Pintu loading ramp yang menutup maksimum akan mengaktifkan *limit switch low* HGLR yang akan menonaktifkan gerakan pintu *loading ramp*.

3.1.2.3 Sub Proses 3

Sub Proses ini merupakan proses dimana piston pada *line 1* akan mendorong lori yang membawa TBS menuju *transfer carriage 2*.

1. Piston hidrolik *line 1* akan bergerak mendorong lori menuju *transfer carriage 1* jika *limit switch low* HGLR, *lori detector 1*, *pin locking 1*, dan sensor beban TBS 1 aktif.
2. Jika lori sudah didorong dan sudah berada pada *transfer carriage 1*, maka *lori detector 2* akan aktif dan menonaktifkan piston hidrolik 1 untuk bergerak mundur.

3.1.2.4 Sub Proses 4

Proses dimulai dari lori yang berada pada *transfer carriage 2* untuk dibawa ke *line 2* supaya bisa diproses pada sterilisasi. Sub proses ini dibagi menjadi beberapa langkah:

1. Saat lori telah berada pada *transfer carriage 2* kita bisa memilih ke jalur *line 2* atau *line maintenance* tergantung kebutuhan, namun pada kali ini penulis akan membuat *transfer carriage* menuju ke *line 2* dengan men *switch mode line 2* untuk TC1. Dengan syarat *limit switsch low* piston hidrolik *line 1* dan *transfer carriage 1* aktif, maka *transfer carriage 1* akan bergerak menuju *line 2*.
2. Setelah terdeteksi oleh *pin locking 2* untuk TC 1, maka *transfer carriage* akan berhenti dan piston di *transfer carriage 1* akan bergerak mendorong lori untuk menuju *line 2* dengan syarat lori *detector 2* aktif.
3. Setelah lori sampai pada *line 2* maka piston *transfer carriage 1* akan nontaktif bergerak mundur.
4. Jika piston *transfer carriage 1* telah bergerak minimum, maka *transfer carriage 1* akan kembali ke *line 1* dengan syarat ada lori di *line 2*.
5. Lori yang telah bergerak balik menuju *line 1* akan dideteksi oleh *pin locking 1* yang menandakan bahwa *transfer carriage 1* telah kembali ke posisi semula.

3.1.2.5 Sub Proses 5

Subproses ini merupakan lanjutan dari subproses 4, subproses 5 diawali dengan aktifnya *relay* lori *detector* 3 karena kehadiran lori pada *line* 2 sampai dengan *proximity start-position connecting rail* *bride* 1 aktif yang menandakan menutupnya pintu depan *sterilizer*.

1. Saat *relay detector* 3 aktif maka pintu depan *sterilizer* akan aktif membuka dengan syarat *proximity start-position connecting rail* *bride* 1 aktif dan *limit switch* 2 aktif.
2. Pintu depan *sterilizer* yang sudah terbuka *full* akan dideteksi oleh *limit switch* 1 dan mengaktifkan *connecting rail bridge* 1 bergerak masuk.
3. *Connecting rail bridge* 1 akan nonaktif jika sudah mencapai *proximity end-position*1, lalu piston *line* 2 akan aktif untuk mendorong lori masuk ke dalam *sterilizer*.
4. Lori yang berada didalam *sterilizer* akan dideteksi oleh sensor lori *detector* 4 dan akan menonaktifkan piston *line* 2.
5. Jika *limit switch* *low* piston *line* 2 aktif yang berarti piston *line* 2 sudah berada pada posisi awal, maka *connecting rail bridge* 1 akan aktif bergerak keluar dengan syarat *limit switch* 1 aktif.
6. *Connecting rail bridge* 1 yang sudah mencapai posisi awal akan ditandai dengan aktifnya sensor *proximity start-position*1 dan akan menggerakkan pintu depan *sterilizer* untuk menutup.

3.1.2.6 Sub Proses 6

Proses ini merupakan lanjutan dari subproses 5, dimana pada proses ini terjadi perebusan 3 tahap pada tandan buah segar untuk melunakkan buah yang berada di lori. Perebusan dimulai dengan ditandainya sensor *limit switch* 2 aktif sampai dengan *timer* 8 *contact* aktif dan *pressure transmitter* 7 aktif yang berarti proses perebusan telah selesai.

1. Ketika *limit switch*2 aktif maka akan mengaktifkan *timer* 1 dan membuka katup *inlet* uap sehingga proses perebusan puncak pertama bisa dilakukan dengan syarat *limit switch* 4 dan lori *detector* 4 aktif
2. Setelah *timer* 1 dan *pressure transmitter* 1 tercapai maka katup *inlet* uap akan nonaktif, katup kondensat aktif, *exhaust* uap aktif, dan *timer* 2 akan aktif menghitung untuk membuang *steam* yang ada pada *sterilizer cage*.

3. Jika *timer 2* telah tercapai dan tekanan yang dibuang sudah mencapai 0.2 bar, akan mengaktifkan *pressure transmitter 2*, lalu katup kondensat dan katup *exhaust* akan menutup bersamaan dengan katup *inlet* membuka dan *timer 3* aktif.
4. Setelah *timer 3* tercapai dan *pressure transmitter 3* aktif, katup kondensat dan katup *exhaust* akan membuka bersamaan dengan katup *inlet* uap menutup dan *timer 4* aktif menghitung.
5. Jika *timer 4* tercapai dan tekanan mencapai 0.3 bar, akan mengaktifkan *pressure transmitter 4* yang akan membuka kembali katup *inlet* uap dan *timer 5* on bersamaan dengan menutupnya katup kondensat dan katup *exhaust*.
6. Proses perebusan terakhir dimana setelah *pressure transmitter 5* dan *timer 5* tercapai, maka akan mengaktifkan *timer 6* untuk proses *holding on*.
7. Setelah *timer 7* dan *pressure transmitter 6* tercapai, maka akan membuka katup *exhaust* dan mengaktifkan *timer 8*.
8. Proses terakhir dimana *timer 8* tercapai dan *pressure transmitter 7* aktif yang berarti tekanan didalam *cage* mencapai 0 bar, akan menutup semua *valve* yang berarti proses perebusan telah selesai.

3.1.2.7 Sub Proses 7

Pada Subproses ini bermula dari didorongnya tbs pada lori yang sudah direbus dengan piston *line 2* untuk dibawa ke motor *transfer carriage 2*. Proses diawali dengan aktifnya *Pressure Transmitter 7* yang akan membuka pintu depan dan belakang *sterilizer* dan berakhir dengan aktifnya *proximity start position connecting rail bridge 1* dan *2* yang menandakan pintu depan dan belakang *sterilizer* telah menutup.

1. Proses diawali dengan *pressure transmitter 7* aktif yang akan membuka pintu depan dan belakang *sterilizer* dengan syarat *proximity start connecting rail bridge 1* dan *2* aktif.
2. Aktifnya *limit switch 1* dan *3* menandakan pintu depan dan belakang *sterilizer* telah terbuka *full* dan *connecting rail bridge 1* dan *2* akan aktif (bergerak masuk).
3. *Connecting rail bridge 1* dan *2* akan nonaktif jika *proximity end-position connecting rail bridge 1* dan *2* telah aktif yang menandakan *connecting rail bridge* telah terhubung kedalam *sterilizer*. Bersamaan juga piston dari *line 2* akan bergerak maju mendorong lori menuju *transfer carriage 2* dengan syarat *pin*

locking 2 TC 2, lori *detector 3*, lori *detector 4* aktif dan lori *detector 6* nonaktif.

4. Jika lori telah berada pada *transfer carriage 2*, maka sensor lori *detector 5* akan aktif dan akan menonaktifkan piston *line 2* untuk kembali ke posisi awal.
5. Jika *limit switch low* piston *line 2* aktif berarti piston *line 2* telah pada posisi awal bersamaan dengan aktifnya *connecting rail bridge 1* dan *2* untuk kembali ke posisi awal.
6. *Connecting rail bridge 1* dan *2* akan nonaktif (kembali pada posisi awal) jika *proximity start-position connecting rail bridge 1* dan *2* aktif bersamaan dengan menutupnya pintu depan dan belakang *sterilizer*.

3.1.2.8 Sub Proses 8

Pada subproses merupakan proses dimana *transfer carriage 2* akan membawa lori dari *line 2* menuju *line 3* dan akan kembali lagi ke *line 2*. Proses diawali dengan lori yang telah berada pada *transfer carriage 2* untuk dibawa menuju *line 3* dan berakhir dengan kembalinya *transfer carriage 2* pada *line 2*.

1. Pada bagian ini penulis bisa memilih untuk mengirim lori ke *line 3* atau mengirim lori menuju *line maintenance 2*, namun pada kali ini penulis akan membuat *transfer carriage 2* untuk menuju *line 3* dengan men *switch mode line 3* untuk TC 2. Lalu *transfer carriage 2* akan aktif bergerak menuju *line 3* dengan syarat *limit switch low* piston *line 2* dan *transfer carriage 2* aktif.
2. Setelah motor *transfer carriage 2* sudah berada pada *line 3*, *pin locking 3* akan aktif yang juga akan mengaktifkan *piston transfer carriage 2* untuk mendorong lori supaya berada pada *line 3*.
3. Setelah lori pada *line 3*, sensor lori *detector 6* akan aktif yang juga akan menonaktifkan piston *transfer carriage 2* supaya kembali ke posisi awal.
4. Jika *limit switch low* piston *transfer carriage 2* telah tercapai maka motor *transfer carriage 2* akan aktif (Kembali ke *line 2*)
5. Motor *transfer carriage 2* akan nonaktif dan kembali pada posisi awal jika *pin locking 2* untuk TC2 tercapai yang berarti *transfer carriage 2* sudah terhubung pada *line 2*.

3.1.2.9 Sub Proses 9

Pada sub proses ini akan terjadi penjatuhan buah sawit yang telah direbus pada *bunch conveyor* untuk bisa diproses pada sub selanjutnya. Proses diawali dengan adanya lori pada *line 3* dan berakhir dengan lori yang didorong oleh piston *line 3* menuju ujung dari posisi *line 3*.

1. Piston dari *line 3* akan aktif bergerak jika terdeteksi lori pada *line 3* dengan syarat *limit switch low tippler* aktif.
2. Jika lori telah berada didalam *tippler* maka piston *line 3* akan bergerak mundur atau nonaktif sehingga motor *tippler* bisa aktif untuk memutar supaya buah bisa jatuh dengan syarat *high level* pada *digester* tidak aktif.
3. Setelah *tippler* mencapai *limit switch high* maka akan berhenti sementara dengan *timer 9*, supaya buah dalam lori bisa jatuh semua.
4. Setelah *timer 9* tercapai maka *tippler* akan aktif berputar kembali untuk kembali ke posisi semula.
5. Jika *tippler* telah kembali ke posisi semua dengan ditandainya *limit switch low*, maka piston *line 3* akan aktif untuk mendorong lori menuju ujung daripada *line 3*.
6. Lalu setelah lori berada pada ujung dari posisi *line 3* dengan ditandainya *proximity end position line 3* aktif, maka piston *line 3* akan nonaktif untuk kembali ke posisi semula.

3.1.2.10 Sub Proses 10

Pada proses ini akan terjadi proses penebahan pada tandan buah segar (TBS), supaya buah bisa lepas dari tandannya. Proses diawali dengan aktifnya *bunch conveyor* akibat buah yang jatuh dari proses *tippler* dan berakhir dengan buah di-transferoleh *fruit distributing conveyor* untuk menuju sub proses selanjutnya. Sub proses ini tidak akan aktif jika *high level pada digester tank* aktif.

1. TBS yang jatuh akan mengakibatkan sensor beban *bunch conveyor* aktif, lalu *conveyor* akan berjalan sehingga TBS bisa jatuh pada mesin *thresher* untuk proses penebahan.
2. TBS yang jatuh pada *thresher* akan mengaktifkan *fruit detector 1* bersamaan dengan berputarnya *thresher* untuk melepas buah dari tandannya.
3. Buah yang telah lepas maka akan jatuh melalui kisi – kisi pada *thresher* dan akan dibawa melalui *under thresher conveyor* jika sensor beban *under thresher conveyor* aktif.

4. Buah yang dibawa oleh *under thresher conveyor* akan dipindah ke *fruit elevator* untuk dibawa menuju *conveyor* selanjutnya.
5. Buah yang telah dibawa oleh *fruit elevator* kemudian akan dibawa oleh *fruit distributing conveyor* untuk proses distribusi buah pada *digester*.

3.1.2.11 Sub Proses 11

Pada proses ini buah akan mengalami proses pelumatan dan pengepresan untuk didapatkan minyak kasar. Proses diawali dengan *digester* yang aktif untuk melumat buah yang telah direbus dan ditebah dan berakhir dengan didapatkannya minyak kasar pada *sand trap* untuk proses pengendapan.

1. Buah yang telah didistribusikan oleh *fruit distributing conveyor* akan masuk ke mesin *digester* untuk dilumat. Disini terdapat juga katup uap panas yang berfungsi untuk memudahkan proses pelumatan. Mesin *digester* ini akan aktif jika *fruit detector 2* aktif dan terdapat juga *high level digester* yang akan memberitahu jika *digester* dalam keadaan penuh.
2. Buah yang telah dilumat akan sampai pada bagian bawah *digester* dan akan tersapu oleh *blade*, sehingga buah akan jatuh menuju *screw press* untuk proses pengepresan. *Screw press* akan aktif jika *fruit detector 3* aktif.
3. Minyak kasar yang didapat dari proses pengepresan akan ditampung pada *sand trap tank* untuk proses pengendapan. Proses pengendapan dibantu oleh *heater* yang terdapat pada tangki *sand trap* yang aktif hanya jika *low level* pada *sand trap* aktif. Juga terdapat *timer 10* untuk mengganti pasir yang telah terdapat banyak endapan pada minyak .
4. Jika *timer 10* tercapai maka katup pembuangan pasir akan aktif untuk membuang endapan dan *timer 11* akan aktif untuk menghitung waktu pembuangan endapan.
5. Setelah *timer 11* tercapai maka katup pembuangan pasir akan menutup kembali dan *timer 10* akan aktif kembali, sehingga proses 4 dan 5 akan terus berulang – ulang.

3.1.2.12 Sub Proses 12

Proses ini merupakan sub proses akhir dari pengolahan kelapa sawit menjadi *crude palm oil*. Proses dimana minyak kasar akan dimurnikan oleh beberapa mesin sehingga didapatkan minyak siap jual.

Proses diawali dengan minyak kasar akan disaring oleh motor *oil vibrating screen* dan berakhir menjadi minyak siap jual yang ditampung di *oil storage tank*.

1. Minyak yang berada pada *sand trap* akan mengalir menuju *vibrating screen* karena *overflow* yang juga akan mengaktifkan motor *vibrating screen* untuk mengayak minyak kasar akibat dari *high level* pada *sandtrap tank*.
2. Minyak yang telah disaring akan ditampung sementara pada *crude oil tank*. Pada *crude oil tank* juga terdapat *heater* yang berfungsi untuk menjaga minyak supaya tidak menggumpal. *Heater* ini aktif ketika *low level* pada *crude oil tank* aktif.
3. Saat minyak yang ditampung sudah mulai banyak, maka akan mengaktifkan *high level crude oil tank* sehingga *desanding cyclone* akan aktif dan *desanding pump* akan aktif untuk mengirim minyak menuju *collection tank*.
4. Saat minyak pada *collection tank* telah mencapai sensor *level* maka *decanter feed pump* akan aktif untuk mengirim minyak pada proses *decanter* untuk pemisahan secara sentrifugal.
5. Minyak yang berada pada *decanter* akan dideteksi oleh sensor *level decanter*, sehingga *decanter* akan aktif berputar untuk memisahkan minyak dengan kotoran dan bersamaan dengan aktifnya *reclaimed oil pump* untuk mengirim minyak menuju *oil purifier* dan *vacuum drier*.
6. Saat sensor *level vacuum drier* aktif, maka *vacuum drier* akan aktif untuk memisahkan antara minyak dengan air yang masih bercampur.
7. Saat minyak yang dipisahkan oleh air telah berada pada posisi *high* maka *oil transfer pump* akan mengirim minyak pada *oil storage tank* sebagai penyimpanan akhir sebelum dijual..

3.1.2.13 Sub Proses 13 (*Line Maintenance 1*)

Pada sub proses ini merupakan dimana saat lori yang membawa TBS mengalami kerusakan dan dibutuhkan perbaikan, sehingga lori tidak akan masuk ke proses utama melainkan ke *line maintenance*.

1. Jika mode *line maintenance* untuk TC 1 di *switch*, maka TC 1 tidak akan bergerak menuju *line 2* melainkan akan bergerak menuju *line maintenance 1* dengan syarat terdapat lori pada *transfer carriage*, *limit switch low piston line 1* dan *transfer carriage 1* aktif.

2. Jika *transfer carriage* telah berada pada *line maintenance* 1 maka akan dideteksi oleh *pin locking maintenance* 1, sehingga *transfer carriage* 1 akan nonaktif dan piston *transfer carriage* 1 akan mendorong lori menuju *line maintenance*.
3. Jika lori telah berada pada *line maintenance* 1 maka piston hidrolik *transfer carriage* 1 akan nonaktif kembali ke posisi semula.
4. Setelah piston *transfer carriage* 1 kembali pada posisi semula, maka piston *line maintenance* 1 akan aktif mendorong lori menuju ujung dari posisi *line maintenance* 1 dengan syarat *limit switch low* piston *line maintenance* 1.
5. Saat lori telah berada pada ujung *line maintenance* 1, maka piston *line maintenance* 1 akan nonaktif kembali pada posisi semula.
6. Lalu saat piston pada *line maintenance* 1 telah berada pada posisi semula, *transfer carriage* 1 akan aktif bergerak menuju *line* 1 untuk kembali pada posisi semula.
7. Motor *transfer carriage* 1 akan nonaktif lagi jika *pin locking* 1 aktif yang menandakan *transfer carriage* 1 telah terhubung kembali dengan *line* 1.

3.1.2.14 Sub Proses 14 (*Line Maintenance*2)

Pada sub proses ini merupakan dimana saat lori yang membawa TBS mengalami kerusakan dan dibutuhkan perbaikan, sehingga lori tidak akan masuk ke proses utama melainkan ke *line maintenance*.

1. Jika *mode line maintenance* untuk TC 2 di *switch*, maka TC 2 tidak akan bergerak menuju *line* 3 melainkan akan bergerak menuju *line maintenance* 2 dengan syarat terdapat lori pada *transfer carriage*, *limit switch low* piston *line* 2 dan *transfer carriage* 2 aktif.
2. Jika *transfer carriage* telah berada pada *line maintenance* 2 maka akan dideteksi oleh *pin locking maintenance* 2, sehingga *transfer carriage* 2 akan nonaktif dan piston *transfer carriage* 2 akan mendorong lori menuju *line maintenance*.
3. Jika lori telah berada pada *line maintenance* 2 maka piston hidrolik *transfer carriage* 2 akan nonaktif kembali ke posisi semula.
4. Setelah piston *transfer carriage* 2 kembali pada posisi semula, maka piston *line maintenance* 2 akan aktif mendorong lori menuju ujung dari posisi *line maintenance* 2 dengan syarat *limit switch low* piston *line maintenance* 2.
5. Saat lori telah berada pada ujung *line maintenance* 2, maka piston *line maintenance* 2 akan nonaktif kembali pada posisi semula.

6. Lalu saat piston pada *line maintenance* 2 telah berada pada posisi semula, *transfer carriage* 2 akan aktif bergerak menuju *line* 2 untuk kembali pada posisi semula.
7. Motor *transfer carriage* 2 akan nonaktif lagi jika *pin locking* 2 untuk TC 2 aktif yang menandakan *transfer carriage* 2 telah terhubung kembali dengan *line* 2.

3.2 Perancangan *State Diagram*

Pada perancangan *state diagram* disusun sesuai langkah-langkah metode *state diagram* seperti yang ada pada dasar teori. Dimulai dengan mendefinisikan bit *input/output* yang akan digunakan pada sistem *crude palm oil process*. Pada Tabel 3.3 dibawah juga terdapat simbol dari keterangan *input/output* yang ada untuk mempermudah dalam perancangan metode *state diagram* dan pemrograman PLC.

Tabel 3. 3 Bit I/O Sistem

Bit	INPUT		OUTPUT	
	Keterangan	Simbol	Keterangan	Simbol
1	PB_START	X ₁	HP_LF	Z ₁
2	PX_LD1	X ₂	HGLR	Z ₂
3	TBS_DET2	X ₃	SCP_CONV	Z ₃
4	LSH_HGLR	X ₄	HP_L1	Z ₄
5	L_BSC	X ₅	M_TC1	Z ₅
6	TBS_DET1	X ₆	HP_TC1	Z ₆
7	LSL_HGLR	X ₇	SC_FD	Z ₇
8	PX_LD2	X ₈	CRB1	Z ₈
9	LSL_HPL1	X ₉	HP_L2	Z ₉
10	PX_PL21	X ₁₀	STIN_VALVE	Z ₁₀
11	PX_LD3	X ₁₁	CONV	Z ₁₁
12	LSL_HPTC1	X ₁₂	EX_VALVE	Z ₁₂
13	PX_PL1	X ₁₃	TIM1	Z ₁₃
14	LS_1	X ₁₄	TIM2	Z ₁₄

Bit	<i>INPUT</i>		<i>OUTPUT</i>	
	Keterangan	Simbol	Keterangan	Simbol
15	PX_EPC1	X ₁₅	TIM3	Z ₁₅
16	PX_LD4	X ₁₆	TIM4	Z ₁₆
17	LSL_HPL2	X ₁₇	TIM5	Z ₁₇
18	PX_SPC1	X ₁₈	TIM6	Z ₁₈
19	LS_2	X ₁₉	TIM7	Z ₁₉
20	TIM1	X ₂₀	TIM8	Z ₂₀
21	PT1_1	X ₂₁	SC_BD	Z ₂₁
22	TIM2	X ₂₂	CRB2	Z ₂₂
23	PT1_2	X ₂₃	M_TC2	Z ₂₃
24	TIM3	X ₂₄	HP_TC2	Z ₂₄
25	PT1_3	X ₂₅	HP_L3	Z ₂₅
26	TIM4	X ₂₆	M_TPPLR	Z ₂₆
27	PT1_4	X ₂₇	TIM9	Z ₂₇
28	TIM5	X ₂₈	BNC_CONV	Z ₂₈
29	PT1_5	X ₂₉	M_THR	Z ₂₉
30	TIM6	X ₃₀	UTHR_CONV	Z ₃₀
31	TIM7	X ₃₁	FRELV	Z ₃₁
32	PT1_6	X ₃₂	FDC	Z ₃₂
33	TIM8	X ₃₃	M_BSD	Z ₃₃
34	PT1_7	X ₃₄	STV_DIG	Z ₃₄
35	LS_3	X ₃₅	M_SP	Z ₃₅
36	PX_EPC2	X ₃₆	ST	Z ₃₆
37	PX_LD5	X ₃₇	TIM10	Z ₃₇
38	PX_SPC2	X ₃₈	KPP	Z ₃₈
39	LS_4	X ₃₉	TIM11	Z ₃₉

Bit	INPUT		OUTPUT	
	Keterangan	Simbol	Keterangan	Simbol
40	PX_PL3	X ₄₀	M_VS	Z ₄₀
41	PX_LD6	X ₄₁	SCCOT	Z ₄₁
42	LSL_HPTC2	X ₄₂	DP	Z ₄₂
43	PX_PL22	X ₄₃	DC	Z ₄₃
44	PX_LD7	X ₄₄	DEC_FP	Z ₄₄
45	LS_5	X ₄₅	M_DEC	Z ₄₅
46	TIM9	X ₄₆	REC_OP	Z ₄₆
47	LS_6	X ₄₇	VD	Z ₄₇
48	PX_EPL3	X ₄₈	OTP	Z ₄₈
49	L_BC	X ₄₉	HP_LM1	Z ₄₉
50	FD1	X ₅₀	HP_LM2	Z ₅₀
51	L.UTC	X ₅₁	MB_TC1	$\overline{Z_5}$
52	L_FE	X ₅₂	MB_TC2	$\overline{Z_{23}}$
53	L_FDC	X ₅₃		
54	FD2	X ₅₄		
55	FD3	X ₅₅		
56	LSH_DIG	X ₅₆		
57	LL_STT	X ₅₇		
58	TIM10	X ₅₈		
59	TIM11	X ₅₉		
60	HL_STT	X ₆₀		
61	LL_COT	X ₆₁		
62	HL_COT	X ₆₂		
63	LCT	X ₆₃		
64	SLD	X ₆₄		

Bit	INPUT		OUTPUT	
	Keterangan	Simbol	Keterangan	Simbol
65	SLVD	X ₆₅		
66	SHLVD	X ₆₆		
67	LOST	X ₆₇		
68	SW1_MLM	X ₆₈		
69	PX_PLM1	X ₆₉		
70	PX_LD8	X ₇₀		
71	PX_EPLM1	X ₇₁		
72	LSL_HPLM1	X ₇₂		
73	SW2_MLM	X ₇₃		
74	PX_PLM2	X ₇₄		
75	PX_LD9	X ₇₅		
76	PX_EPLM2	X ₇₆		
77	LSL_HPLM2	X ₇₇		
78	SW1_ML2	X ₇₈		
79	SW2_ML3	X ₇₉		
80	PB_STOP	X ₈₀		

Kejadian - kejadian pada *crude palm oil process* juga diterjemahkan ke dalam tabel sebelum menyusun *state diagram* (I/O) agar memudahkan dalam penyusunannya. Tabel 3.4 menunjukkan tahapan langkah kerja atau kondisi *input/output* yang terjadi pada setiap *statemulai* dari buah kelapa sawit yang jatuh ke lori hingga menjadi minyak kelapa sawit yang disimpan di *oil storage tank* dan telah dibagi menjadi beberapa sub proses, dimulai dari sub proses pertama hingga terakhir.

Tabel 3. 4 Urutan *State Diagram* (I/O) (1)

Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
1	1	Tombol Start	Piston Hidrolik <i>Lori Feeder</i> aktif	<ul style="list-style-type: none"> • Lori <i>Detector</i> 1 non aktif • Relay Lori <i>Detector</i> 3 non aktif • Sensor <i>Level Oil Storage Tank</i> nonaktif
	2	Lori <i>Detector</i> 1 aktif	Piston Hidrolik <i>Lori Feeder</i> non aktif	-
2	1	Lori <i>Detector</i> 1 aktif	Pintu Hidrolik <i>Loading Ramp</i> aktif (membuka)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor Beban TBS 2 aktif • <i>Limit Switch Low</i> HGLR aktif
	2	<i>Limit Switch High</i> HGLR aktif	Pintu Hidrolik <i>Loading Ramp</i> non aktif (berhenti)	-
	3	Sensor <i>Beban Scrapper Conveyor</i> aktif	<i>Scrapper Conveyor</i> aktif	Lori <i>Detector</i> 1 aktif
	4	Sensor Beban TBS 1 aktif	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Scrapper Conveyor</i> non aktif • Pintu Hidrolik <i>Loading Ramp</i> aktif 	

Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
			(menutup)	
	5	<i>Limit Switch Low HGLR</i> aktif	Pintu Hidrolik <i>Loading Ramp</i> non aktif (berhenti)	-
	1	<i>Limit Switch Low HGLR</i> aktif	Piston Hidrolik <i>Line 1</i> aktif	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lori Detector 1</i> aktif • <i>Pin Locking 1</i> aktif • Sensor Beban TBS 1 aktif
3	2	<i>Lori Detector 2</i> aktif	Piston Hidrolik <i>Line 1</i> non aktif	-
4	1	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line 1</i> aktif • <i>Mode Line 2</i> untuk TC1 aktif 	Motor <i>Transfer Carriage 1</i> akan aktif (menuju <i>Line 2</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Limit Switch Low Piston Transfer Carriage 1</i> aktif • <i>Lori Detector 2</i> aktif
	2	<i>Pin Locking 2</i> untuk TC1 aktif	<ul style="list-style-type: none"> • Motor <i>Transfer Carriage 1</i> non aktif • Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage 1</i> aktif (maju) 	<i>Lori Detector 2</i> aktif

Sub Proses	State	Kondisi <i>Input</i>	Kondisi <i>Output</i>	Syarat Perlu
	3	Lori <i>Detector</i> 3 Aktif	Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage</i> 1 non aktif (mundur)	-
	4	<i>Limit Switch Low</i> <i>Piston Hidrolik Transfer Carriage</i> 1 aktif	Motor <i>Transfer Carriage</i> 1 (balik) aktif (kembali menuju <i>Line</i> 1)	Lori <i>Detector</i> 3 aktif
	5	<i>Pin Locking</i> 1 aktif	Motor <i>Transfer Carriage</i> 1 non aktif (berhenti)	-
5	1	Relay Lori <i>Detector</i> 3 aktif	Pintu Depan <i>Sterilizer</i> aktif (membuka)	<ul style="list-style-type: none"> <i>Proximity Start-Position Connecting Rail Bride</i> 1 aktif <i>Limit Switch</i> 2 aktif
	2	<i>Limit switch</i> 1 aktif	<i>Connecting Rail Bride</i> 1 aktif (bergerak masuk)	Relay Lori <i>Detector</i> 3 aktif
	3	<i>Proximity End-Position Connecting Rail Bride</i> 1 aktif	<ul style="list-style-type: none"> <i>Connecting Rail Bride</i> 1 non aktif (berhenti) Piston Hidrolik <i>Line</i> 2 aktif (maju) 	Relay Lori <i>Detector</i> 3 aktif
	4	Lori <i>Detector</i> 4 aktif	Piston Hidrolik <i>Line</i> 2 non aktif (mundur)	Relay Lori <i>Detector</i> 3 aktif

Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
6	5	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line 2 aktif</i>	<i>Connecting Rail Bride 1 aktif (bergerak keluar)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Relay Lori Detector 3 aktif</i> • <i>Limit switch 1 aktif</i>
	6	<i>Proximity Start-Position Connecting Rail Bride 1 aktif</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Connecting Rail Bride 1 non aktif (berhenti)</i> • <i>Pintu Depan Sterilizer nonaktif (menutup)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Relay Lori Detector 3 aktif</i> • <i>Limit switch 1 aktif</i>
	1	<i>Limit Switch 2 aktif</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Katup InletUap aktif ,</i> • <i>Timer1 aktif</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Limit Switch 4 aktif</i> • <i>Lori Detector 4 aktif</i>
	2	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pressure Transmitter 1_1 aktif (2 bar) aktif</i> • <i>Timer 1 Contact</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Katup Kondensat aktif</i> • <i>Katup Exhaust Uap Panas aktif</i> • <i>Katup InletUap nonaktif</i> • <i>Timer 2 aktif</i> 	-
	3	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pressure Transmitter 1_2 aktif (0.2 bar) aktif</i> • <i>Timer 2 Contact</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Katup Kondensat nonaktif</i> • <i>Katup Exhaust Uap Panas nonaktif</i> • <i>Katup Inlet Uap aktif</i> • <i>Timer 3 aktif</i> 	-

Sub Proses	State	Kondisi <i>Input</i>	Kondisi <i>Output</i>	Syarat Perlu
	4	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pressure Transmitter</i> 1_3 aktif (2.5 bar) aktif • <i>Timer 3 contact</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Katup Kondensat aktif • Katup <i>Exhaust</i> Uap Panas aktif • Katup <i>Inlet</i> Uap nonaktif • <i>Timer 4</i> aktif 	-
	5	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pressure Transmitter</i> 1_4 aktif (tekanan mencapai 0.3 bar) aktif • <i>Timer 4 Contact</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Katup Kondensat nonaktif • Katup <i>Exhaust</i> Uap Panas nonaktif • Katup <i>Inlet</i> Uap aktif • <i>Timer 5</i> aktif 	-
	6	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pressure Transmitter</i> 1_5 aktif (tekanan mencapai 3 bar) aktif • <i>Timer 5 contact</i> 	<i>Timer 6</i> aktif (<i>holding</i>)	-
	7	<i>Timer 6 Contact</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Katup <i>Inlet</i> Uap nonaktif • Katup Kondensat aktif • <i>Timer 7</i> aktif 	-
	8	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Timer 7 Contact</i> • <i>Pressure Transmitter</i> 1_6 aktif (1 bar) aktif 	<ul style="list-style-type: none"> • Katup <i>Exhaust</i> Uap Panas aktif • <i>Timer 8</i> aktif 	-

Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
7	9	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Timer 8 Contact</i> • <i>Pressure Transmitter 1_7</i> aktif (0 bar) aktif 	<ul style="list-style-type: none"> • Katup <i>Exhaust Uap Panas</i> nonaktif • Katup <i>Kondensat</i> nonaktif 	-
	1	<i>Pressure Transmitter 1_7</i> aktif (0 bar) aktif	Pintu Depan <i>Sterilizer</i> dan Pintu Belakang <i>Sterilizer</i> aktif (membuka)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Proximity Start-Position Connecting Rail Bride 1</i> aktif • <i>Proximity Start-Position Connecting Rail Bride 2</i> aktif • <i>Relay Lori Detector 3</i> aktif
	2	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Limit Switch 1</i> aktif • <i>Limit Switch 3</i> aktif 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Connecting Rail Bride 1</i> dan <i>Connecting Rail Bride 2</i> aktif (bergerak masuk) 	<i>Relay Lori Detector 3</i> aktif
	3	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Proximity End-Position Connecting Rail Bride 1</i> aktif • <i>Proximity End-</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Connecting Rail Bride 1</i> dan <i>Connecting Rail Bride 2</i> nonaktif • <i>Piston Hidrolik</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pin Locking 2</i> untuk TC2 aktif • <i>Relay Lori Detector 6</i> non aktif

Sub Proses	State	Kondisi <i>Input</i>	Kondisi <i>Output</i>	Syarat Perlu
		<i>Position Connecting Rail Bride 2</i> aktif	<i>Line 2</i> aktif (maju)	<ul style="list-style-type: none"> Relay Lori <i>Detector 3</i> aktif Lori detector 4 aktif
	4	Lori <i>Detector 5</i> aktif	Piston Hidrolik <i>Line 2</i> nonaktif	Relay Lori <i>Detector 3</i> nonaktif
	5	<i>Limit Switch Low</i> Piston Hidrolik <i>Line 2</i> aktif	<i>Connecting Rail Bride 1</i> dan <i>Connecting Rail Bride 2</i> aktif	<ul style="list-style-type: none"> <i>Limit switch 1</i> aktif <i>Limit switch 3</i> aktif
	6	<ul style="list-style-type: none"> <i>Proximity Start-Position Connecting Rail Bride 1</i> aktif <i>Proximity Start-Position Connecting Rail Bride 2</i> aktif 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Connecting Rail Bride 1</i> dan <i>Connecting Rail Bride 2</i> nonaktif Pintu Depan Sterilizer dan Pintu Belakang nonaktif 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Limit Switch 1</i> aktif <i>Limit Switch 3</i> aktif
8	1	<ul style="list-style-type: none"> Lori <i>Detector 5</i> aktif <i>Mode Line 3</i> untuk TC2 aktif 	Motor <i>Transfer Carriage 2</i> aktif	<ul style="list-style-type: none"> <i>Limit Switch Low Piston HidrolikLine 2</i> aktif <i>Limit Switch Low Piston Transfer Carriage 2</i> aktif
	2	<i>Pin Locking 3</i> aktif	<ul style="list-style-type: none"> Motor <i>Transfer Carriage 2</i> 	Lori <i>Detector 5</i> aktif

Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
			nonaktif <ul style="list-style-type: none"> Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage 2</i> aktif (maju) 	
	3	Lori <i>Detector 6</i> aktif	Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage 2</i> non aktif	-
	4	<i>Limit Switch Low</i> Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage 2</i> aktif	Motor <i>Transfer Carriage 2</i> (Balik) aktif (Kembali ke <i>line 2</i>)	Lori <i>Detector 6</i> aktif
	5	<i>Pin Locking 2</i> untuk TC2 aktif	Motor <i>Transfer Carriage 2</i> nonaktif	-
9	1	Lori <i>Detector 6</i> aktif	Piston Hidrolik <i>Line 3</i> aktif (maju)	<i>Limit Switch Low Tripler</i> aktif
	2	Lori <i>Detector 7</i> aktif	<ul style="list-style-type: none"> Piston Hidrolik <i>Line 3</i> nonaktif (mundur) Motor <i>Tripler</i> aktif (berputar) 	<i>High Level Digester Tank</i> non aktif
	3	<i>Limit Switch High Tripler</i> aktif	<ul style="list-style-type: none"> Motor <i>Tripler</i> nonaktif Timer 9 aktif 	-
	4	<i>Timer 9 Contact</i>	Motor <i>Tripler</i> aktif (berputar balik)	-
	5	<i>Limit Switch Low Tripler</i> aktif	<ul style="list-style-type: none"> Motor <i>Tripler</i> nonaktif Piston Hidrolik <i>Line 3</i> aktif (maju) 	-

Sub Proses	State	Kondisi <i>Input</i>	Kondisi <i>Output</i>	Syarat Perlu
	6	<i>Proximity End-Position Line 3</i> aktif	Piston Hidrolik <i>Line 3</i> nonaktif (mundur)	-
10	1	Sensor Beban <i>Bunch Conveyor</i> aktif	<i>Bunch Conveyor</i> aktif	<i>High Level Digester Tank</i> non aktif
	2	<i>Fruit Detector 1</i> aktif	Motor <i>Thresher</i> aktif	<i>High Level Digester Tank</i> non aktif
	3	Sensor Beban <i>Under Thresher Conveyor</i> aktif	<i>Under Thresher Conveyor</i> aktif	<i>High Level Digester Tank</i> non aktif
	4	Sensor Beban <i>Fruit Elevator</i> aktif	<i>Fruit Elevator</i> aktif	<i>High Level Digester Tank</i> non aktif
	5	Sensor Beban <i>Fruit Distributing Conveyor</i> aktif	<i>Fruit Distributing Conveyor</i> aktif	<i>High Level Digester Tank</i> non aktif
11	1	<i>Fruit Detector 2</i> aktif	<ul style="list-style-type: none"> Motor <i>Blade</i> dan <i>String Digester</i> aktif Katup Uap panas <i>Digester tank</i> aktif 	-
	2	<i>Fruit Detector 3</i> aktif	Motor <i>Screw Press</i> aktif dan minyak mengalir menuju <i>sand trap</i> via <i>Oil Gutter</i>	-
	3	<i>Low level Sandtrap Tank</i> aktif	<i>Heater Sand Trap Tank</i> aktif (menghilangkan	-

Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
			<i>sediment</i> & solid impurities) & <i>Timer</i> 10 aktif	
	4	<i>Timer 10 Contact</i>	Katup pembuangan pasir aktif & <i>Timer</i> 11 Aktif	-
	5	<i>Timer 11 Contact</i>	Katup pembuangan pasir nonaktif & <i>Timer</i> 10 aktif	-
	6	<i>Timer 10 Contact</i>	Katup pembuangan pasir aktif & <i>Timer</i> 11 Aktif	-
12	1	<i>High Level Sandtrap Tank</i> aktif	Motor Oil Vibrating Screen aktif dan minyak di tampung di <i>Crude Oil Tank</i> (COT)	-
	2	<i>Low Level Crude Oil Tank</i> aktif	<i>Steam Coil Crude Oil Tank</i> aktif	-
	3	<i>High Level Crude Oil Tank</i> aktif	<ul style="list-style-type: none"> <i>Desanding Pump</i> aktif <i>Desanding Cyclone</i> Aktif 	-
	4	<i>Sensor Level Collection Tank</i> Aktif	<i>Decanter Feed Pump</i> aktif	-
	5	<i>Sensor Level Decanter</i> aktif	<ul style="list-style-type: none"> Motor <i>Decanter</i> aktif <i>Reclaimed Oil Pump</i> aktif 	-

Sub Proses	State	Kondisi <i>Input</i>	Kondisi <i>Output</i>	Syarat Perlu
	6	Sensor <i>Level Vacuum Drier</i>	<i>Vacuum Drier</i> aktif	-
	7	Sensor <i>High Level Vacuum Drier</i>	<i>Oil Transfer Pump</i> aktif	-

Tabel 3. 5Urutan *State Diagram* (I/O) (2)

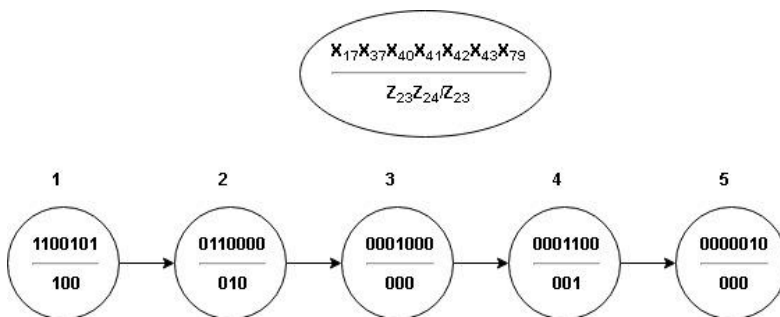
Sub Proses	State	Kondisi <i>Input</i>	Kondisi <i>Output</i>	Syarat Perlu
Jika Mode <i>Line Maintenance</i> untuk TC1 aktif				
13	1	Mode <i>Line Maintenance</i> untuk TC1 aktif	Motor <i>Transfer Carriage</i> 1 aktif dan bergerak maju ke <i>Line Maintenance</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Lori <i>Detector</i> 2 aktif • <i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line</i> 1 aktif • <i>Limit Switch Low Piston Transfer Carriage</i> 1 aktif
	2	<i>Pin Locking Line Maintenance</i> 1 aktif	<ul style="list-style-type: none"> • Motor <i>Transfer Carriage</i> 1 non aktif • Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage</i> 1 aktif 	Lori <i>Detector</i> 2 aktif
	3	Lori <i>Detector</i> 8 aktif	Piston Hidrolik	-

Sub Proses	State	Kondisi Input	Kondisi Output	Syarat Perlu
			<i>Transfer Carriage</i> 1 nonaktif	
	4	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Transfer Carriage</i> 1 aktif	Piston Hidrolik <i>Line Maintenance</i> 1 aktif	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line Maintenance</i> 1 aktif
	5	<i>Proximity End-Position Line Maintenance</i> aktif	Piston Hidrolik <i>Line Maintenance</i> 1 nonaktif	-
	6	<i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line Maintenance</i> 1 aktif	Motor <i>Transfer Carriage</i> 1 aktif (kembali menuju <i>Line</i> 1)	-
	7	<i>Pin Locking</i> 1 aktif	Motor <i>Transfer Carriage</i> 1 nonaktif (berhenti)	-
Jika Mode <i>Line Maintenance</i> untuk TC2 aktif				
14	1	Mode <i>Line Maintenance</i> untuk TC2 aktif	Motor <i>Transfer Carriage</i> 2 aktif dan bergerak maju ke <i>Line Maintenance</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lori Detector</i> 5 aktif • <i>Limit Switch Low Piston Hidrolik Line</i> 2 aktif • <i>Limit Switch Low Piston Transfer Carriage</i> 2 aktif
	2	<i>Pin Locking Line Maintenance</i> 2 aktif	<ul style="list-style-type: none"> • Motor <i>Transfer Carriage</i> 2 	<i>Lori Detector</i> 5 aktif

Sub Proses	State	Kondisi <i>Input</i>	Kondisi <i>Output</i>	Syarat Perlu
			nonaktif <ul style="list-style-type: none"> Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage</i>2 aktif 	
	3	Lori <i>Detector</i> 9 aktif	Piston Hidrolik <i>Transfer Carriage</i> 2 nonaktif	-
	4	<i>Limit Switch Low</i> <i>Piston Hidrolik Transfer Carriage</i> 2aktif	Piston Hidrolik <i>Line Maintenance</i> 2 aktif	<i>Limit Switch Low</i> <i>Piston Hidrolik Line Maintenance</i> 2aktif
	5	<i>Proximity End-Position Line Maintenance</i> 2 aktif	Piston Hidrolik <i>Line Maintenance</i> 2 nonaktif	-
	6	<i>Limit Switch Low</i> <i>Piston Hidrolik Line Maintenance</i> 2 aktif	Motor <i>Transfer Carriage</i> 2 aktif (kembali menuju <i>Line</i> 2)	-
	7	<i>Pin Locking</i> 2 untuk TC2 aktif	Motor <i>Transfer Carriage</i> 2 nonaktif (berhenti)	-

3.2.1 Penyusunan *State Diagram* (I/O)

Pada penyusunan *state diagram* (I/O), informasi dari kejadian tiap *state* yang ada pada Tabel 3.4 dan 3.5 disusun satu per satu untuk tiap *state-nya* berdasarkan masing – masing sub proses. Seperti yang terlihat pada Gambar 3.3, juga terdapat informasi susunan tiap bit *input* dan *output* dari tiap *state* yang dapat dilihat pada Tabel 3.6. Pada kali ini penulis akan memberi contoh pada subproses 8. Untuk *state diagram* (I/O) dari seluruh sub proses dapat dilihat pada Lampiran.



Gambar 3. 3 *State Diagram (I/O) Sub Proses 8*

3.2.2 Penyusunan *Primitive Flow Table*

Informasi dari *state diagram* (I/O) secara keseluruhan pada setiap sub proses digunakan untuk menyusun *primitive flow table* pada plant crude palm oil process. Tabel 3.6 menampilkan *primitive flow table* dari sub proses 8. *Primitive flow table* dari setiap sub proses dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 3. 6 *Primitive Flow Table Sub Proses 8*

Row	Inputs $X_{17}X_{37}X_{40}X_{41}X_{42}X_{43}X_{79}$					Outputs $Z_{23}Z_{24}\overline{Z_{23}}$		
	11001 01	01100 00	00010 00	00011 00	00000 10	Z_{23}	Z_{24}	$\overline{Z_{23}}$
1	1	2	-	-	-	1	0	0
2	-	2	3	-	-	0	1	0
3	-	-	3	4	-	0	0	0
4	-	-	-	4	5	0	0	1
5	-	-	-	-	5	0	0	0

3.2.3 Penyusunan *Merged Flow Table*

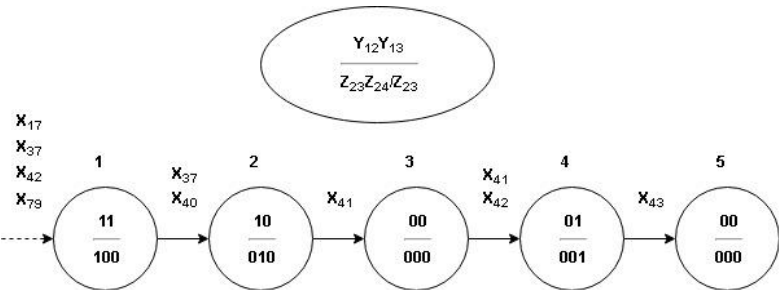
Dalam penyusunan *merged flow table* sub proses 8, ada baris yang dapat digabungkan yaitu pada baris 3 dan 5 karena kombinasi bit *output*-nya ada yang sama. Hasil *merged flow table* sub proses 8 ditunjukkan oleh Tabel 3.7. *Merged flow table* dari setiap sub proses dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 3. 7 Merged Flow Table Sub Proses 8

Row	Inputs					Outputs			System's	
	$X_{17}X_{37}X_{40}X_{41}X_{42}X_{43}X_{79}$					$Z_{23}Z_{24}\overline{Z_{23}}$				
	110 010 1	011 000 0	000 100 0	000 110 0	000 001 0	Z_{23}	Z_{24}	$\overline{Z_{23}}$	Y_{12}	Y_{13}
1	1	2	-	-	-	1	0	0	1	1
2	-	2	3	-	-	0	1	0	1	0
3,5	-	-	3	4	5	0	0	0	0	0
4	-	-	-	4	5	0	0	1	0	1

3.2.4 Penyusunan State Diagram (R/O)

Pada langkah sebelumnya telah didapatkan *merged flow table*. Informasi di dalam tabel akan digunakan untuk menyusun *state diagram* (R/O) yang memiliki susunan *relay/output* pada setiap *state*. Gambar 3.4 menunjukkan hasil penyusunan *state diagram* (R/O) untuk sub proses 8. *State diagram* (R/O) dari setiap sub proses dapat dilihat pada Lampiran.

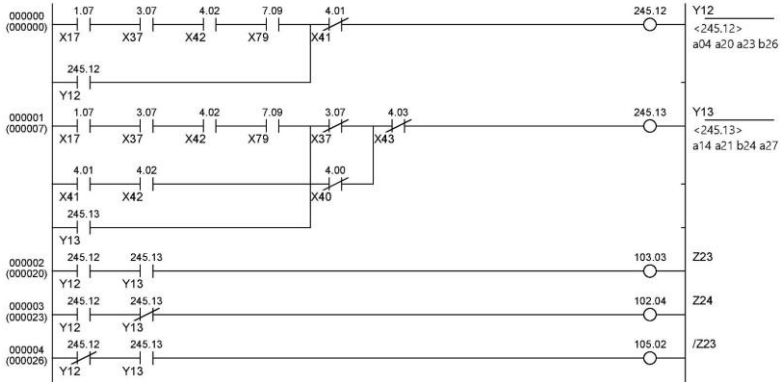


Gambar 3. 4 State Diagram (R/O) Sub Proses 8

3.3 Konstruksi State Diagram (R/O) - Ladder Diagram

Dari hasil perancangan *state diagram* didapatkan penggunaan untuk *relay* proses sebanyak 44 buah dan *output* sebanyak 52 buah. Oleh karena itu dilakukan konstruksi *ladder* untuk 44 *rung relay* proses (y_1 hingga y_{33} dengan 11 relay proses bantu) dan 52 *rung output* (z_1 hingga z_{50} dan tambahan 2 motor balik). Maka dari itu hasil konstruksi *ladder diagram* pada proses *crude palm oil* adalah sebanyak 96 *rung* jika ditotalkan. Gambar 3.5 menunjukkan hasil konstruksi *ladder diagram*

untuk sub proses 8. Hasil konstruksi untuk setiap sub proses dapat dilihat pada Lampiran.



Gambar 3. 5 Konstruksi *State Diagram (R/O) – Ladder Diagram*

BAB 4

SIMULASI DAN ANALISA

Ladder diagram yang telah dikonstruksi akan disimulasikan terlebih dahulu ke PLC, lalu akan diuji untuk memastikan bahwa sistem yang telah dirancang akan berjalan sesuai dengan sekuens ada. Proses pengujian akan digunakan *Human Machine Interface* (HMI) *Wonderware* dan PLC OMRON CQM1H yang kemudian menggunakan media komunikasi berupa KEPServer EX5 untuk bisa bertukar data maupaun mengolah data.

4.1 Alamat I/O Sistem

Untuk melakukan komunikasi antara PLC dengan HMI diperlukan software komunikasi berupa KEPServer untuk bisa bertukar data yaitu berupa program *ladder diagram*. Diperlukan juga alamat input dan output untuk bisa menghubungkan antara PLC OMRON dan HMI, sehingga memudahkan dalam proses simulasi. Alamat I/O yang dimaksud adalah seperti pada Tabel 4.1. Alamat tersebut merupakan *input/output* fisik dari PLC yang ada, sehingga alamat memori tidak perlu dicantumkan.

Tabel 4. 1 Alamat I/O PLC

Bit	INPUT		OUTPUT	
	Keterangan	Alamat	Keterangan	Alamat
1	PB_START	0.01	HP_LF	100.01
2	PX_LD1	0.02	HGLR	100.02
3	TBS_DET2	0.03	SCP_CONV	100.03
4	LSH_HGLR	0.04	HP_L1	100.04
5	L_BSC	0.05	M_TC1	100.05
6	TBS_DET1	0.06	HP_TC1	100.06
7	LSL_HGLR	0.07	SC_FD	100.07
8	PX_LD2	0.08	CRB1	100.08
9	LSL_HPL1	0.09	HP_L2	100.09

Bit	<i>INPUT</i>		<i>OUTPUT</i>	
	Keterangan	Alamat	Keterangan	Alamat
10	PX_PL21	0.10	STIN_VALVE	100.10
11	PX_LD3	1.01	CONV	101.01
12	LSL_HPTC1	1.02	EX_VALVE	101.02
13	PX_PL1	1.03	TIM1	T1
14	LS_1	1.04	TIM2	T2
15	PX_EPC1	1.05	TIM3	T3
16	PX_LD4	1.06	TIM4	T4
17	LSL_HPL2	1.07	TIM5	T5
18	PX_SPC1	1.08	TIM6	T6
19	LS_2	1.09	TIM7	T7
20	TIM1	T1	TIM8	T8
21	PT1_1	2.01	SC_BD	102.01
22	TIM2	T2	CRB2	102.02
23	PT1_2	2.03	M_TC2	102.03
24	TIM3	T3	HP_TC2	102.04
25	PT1_3	2.05	HP_L3	102.05
26	TIM4	T4	M_TPPLR	102.06
27	PT1_4	2.07	TIM9	T9
28	TIM5	T5	BNC_CONV	102.08
29	PT1_5	2.09	M_THR	102.09
30	TIM6	T6	UTHR_CONV	103.00
31	TIM7	T7	FREL V	103.01
32	PT1_6	3.02	FDC	103.02
33	TIM8	T8	M_BSD	103.03
34	PT1_7	3.04	STV_DIG	103.04

Bit	<i>INPUT</i>		<i>OUTPUT</i>	
	Keterangan	Alamat	Keterangan	Alamat
35	LS_3	3.05	M_SP	103.05
36	PX_EPC2	3.06	ST	103.06
37	PX_LD5	3.07	TIM10	T10
38	PX_SPC2	3.08	KPP	103.08
39	LS_4	3.09	TIM11	T11
40	PX_PL3	4.00	M_VS	104.00
41	PX_LD6	4.01	SCCOT	104.01
42	LSL_HPTC2	4.02	DP	104.02
43	PX_PL22	4.03	DC	104.03
44	PX_LD7	4.04	DEC_FP	104.04
45	LS_5	4.05	M_DEC	104.05
46	TIM9	T9	REC_OP	104.06
47	LS_6	4.07	VD	104.07
48	PX_EPL3	4.08	OTP	104.08
49	L_BC	4.09	HP_LM1	104.09
50	FD1	5.00	HP_LM2	105.00
51	L_UTC	5.01	MB_TC1	105.01
52	L_FE	5.02	MB_TC2	105.02
53	L_FDC	5.03		
54	FD2	5.04		
55	FD3	5.05		
56	LSH_DIG	5.06		
57	LL_STT	5.07		
58	TIM10	T10		
59	TIM11	T11		

Bit	<i>INPUT</i>		<i>OUTPUT</i>	
	Keterangan	Alamat	Keterangan	Alamat
60	HL_STT	6.00		
61	LL_COT	6.01		
62	HL_COT	6.02		
63	LCT	6.03		
64	SLD	6.04		
65	SLVD	6.05		
66	SHLVD	6.06		
67	LOST	6.07		
68	SW1_MLM	6.08		
69	PX_PLM1	6.09		
70	PX_LD8	7.00		
71	PX_EPLM1	7.01		
72	LSL_HPLM1	7.02		
73	SW2_MLM	7.03		
74	PX_PLM2	7.04		
75	PX_LD9	7.05		
76	PX_EPLM2	7.06		
77	LSL_HPLM2	7.07		
78	SW1_ML2	7.08		
79	SW2_ML3	7.09		
80	PB_STOP	8.00		

Patikan alamat yang tercantum pada ladder telah benar sehingga jika proses simulasi dilakukan, tidak akan terjadi masalah. Setelah ladder beserta alamat sudah selesai terprogram pada CX-ONE, program pada komputer akan ditransfer terlebih dahulu ke PLC.

4.2 *Human Machine Interface (HMI)*

Human machine interface digunakan untuk melakukan pengamatan terhadap perangkat sensor maupun aktuator yang sedang bekerja. HMI yang digunakan adalah HMI dari wonderware. Proses perancangan dari HMI dibagi menjadi beberapa bagian untuk mempermudah simulasi. Bagian- bagian tersebut antara lain adalah *Overview* yang merupakan gambaran secara umum proses awal pada *crude palm oil*, *Sterilisasi* pada *line 2* yang merupakan proses perebusan pada TBS, *Threshing* pada *line 3* yang merupakan proses penebahan supaya brondolan lepas dari tandannya, pelumatan yang merupakan tempat dimana brondolan akan di lumat dan di *press* untuk didapatkan minyak kasar, pemurnian yang merupakan proses dimana minyak sawit yang telah didapat akan dilakukan pemurnian hingga disimpan di *oil storage tank*, dan *line maintenance* yang merupakan tempat perbaikan dimana jika terdapat lori yang rusak pada saat proses berjalan.

4.2.1 *Overview*

Pada bagian ini, akan diperlihatkan awal proses dari *Crude Palm Oil* (CPO) dan proses secara umum. Yang dimaksud proses secara umum adalah saat TBS di *loading ramp* dijatuhkan ke lori untuk dibawa ke proses sterilisasi (*line 2*), *tipler* (*line 3*), dan proses *maintenance* jika lori mengalami kerusakan (*line maintenance*) melalui *transfer carriage 1* maupun *transfer carriage 2*. Pada Gambar 4.1 bisa dilihat letak – letak sensor dan aktuator yang telah dirumuskan pada bab 3 untuk diimplementasikan pada HMI *overview* yang telah dibuat. Khusus sensor dan aktuator pada proses sterilisasi, *threshing*, pelumatan, pemurnian, dan *maintenance* akan dijelaskan pada tiap – tiap bagian yang telah dikhususkan.

4.2.2 *Sterilisasi*

Pada bagian ini diperlihatkan proses sterilisasi pada buah secara lebih detail. Aktuator yang terdapat pada *line sterilizer* (*line 2*) berupa katup *inlet* uap panas, katup kondensat, katup *exhaust* uap panas, pintu belakang dan depan *sterilizer*, *connecting rail bridge 1* dan *2*. Sedangkan untuk sensor terdapat *limit switch 1* sampai dengan *4*, *pressure transmitter 1* sampai dengan *7*, *proximity start position* CRB *1* dan *2*, dan *proximity end position* CRB *1* dan *2*. Tampilan dari HMI proses sterilisasi dapat dilihat pada Gambar 4.2.

4.2.3 Threshing

Setelah diperlihatkan HMI pada proses sterilisasi, selanjutnya TBS akan dijatuhkan menggunakan *tippler* yang bisa bergerak memutar lori. TBS yang telah jatuh pada *bunch conveyor* akan dibawa ke proses penebahan (*threshing*) untuk dipisahkan antara brondolan dengan tandannya. Lalu brondolan yang telah lepas dari tandannya akan jatuh ke *under thresher conveyor* untuk dibawa ke proses selanjutnya. Sensor – sensor yang terdapat pada bagian ini juga telah diperlihatkan di tampilan HMI seperti pada Gambar 4.3.

4.2.4 Pelumatan

Setelah buah dibawa melalui *under thresher conveyor*, selanjutnya buah akan dibawa oleh *fruit elevator* dan *fruit distributing conveyor* untuk menuju proses pelumatan oleh *digester* dan proses pengepresan oleh *screw press*. Buah yang telah dilumat dan di-press akan menghasilkan minyak kasar yang masih terdapat banyak partikel padat yang lalu minyak kasar akan melalui proses pengendapan oleh *sand trap tank* dan proses penyaringan oleh *vibrating screen*. Sensor – sensor yang terdapat pada tiap aktuatornya juga bisa diketahui tata letaknya pada Gambar 4.4 yang merupakan HMI dari bagian Pelumatan.

4.2.5 Pemurnian

Proses pemurnian merupakan proses penting dari bagian pengolahan kelapa sawit, karena merupakan proses dimana minyak kasar yang didapat dari proses pelumatan akan diubah menjadi minyak siap olah. Proses dari bagian ini meliputi *sand trap tank*, *vibrating screen*, *desanding cylone*, *collection tank*, *decanter feed tank*, *decanter*, *oil purifier*, *vacuum drier*, dan *oil storage tank* sebagai tempat penyimpanan akhir. Tata letak aktuator dan sensor pada bagian ini bisa dilihat pada Gambar 4.5 yang merupakan hasil rancangan dari *input/output* pada bab 3.

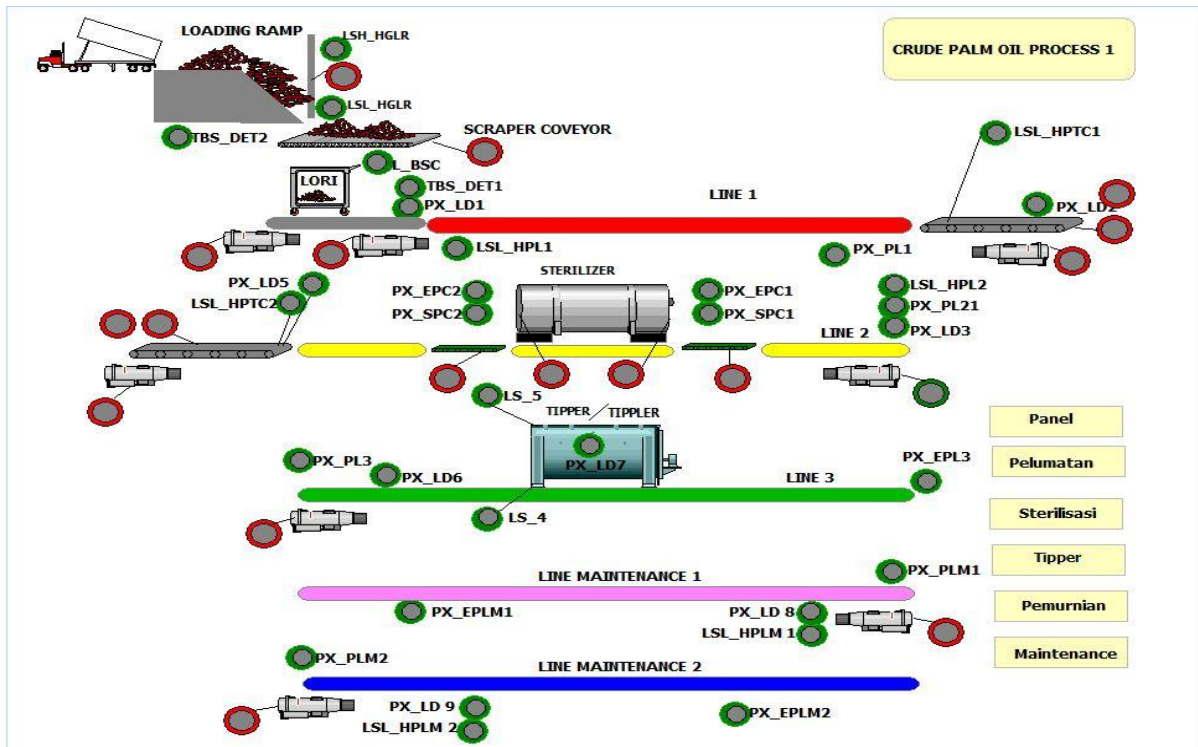
4.2.6 Maintenance

Bagian ini merupakan bagian dimana hanya jika terdapat lori yang rusak dan membutuhkan perbaikan, sehingga perlu dimasukkan ke jalur perbaikan (*maintenance*). Lori dapat dikatakan rusak atau tidaknya tergantung dari operator, jika rusak maka operator bisa mengaktifkan *switch* yang akan otomatis membawa lori ke jalur perbaikan. HMI pada jalur *maintenance* bisa dilihat pada Gambar 4.6.

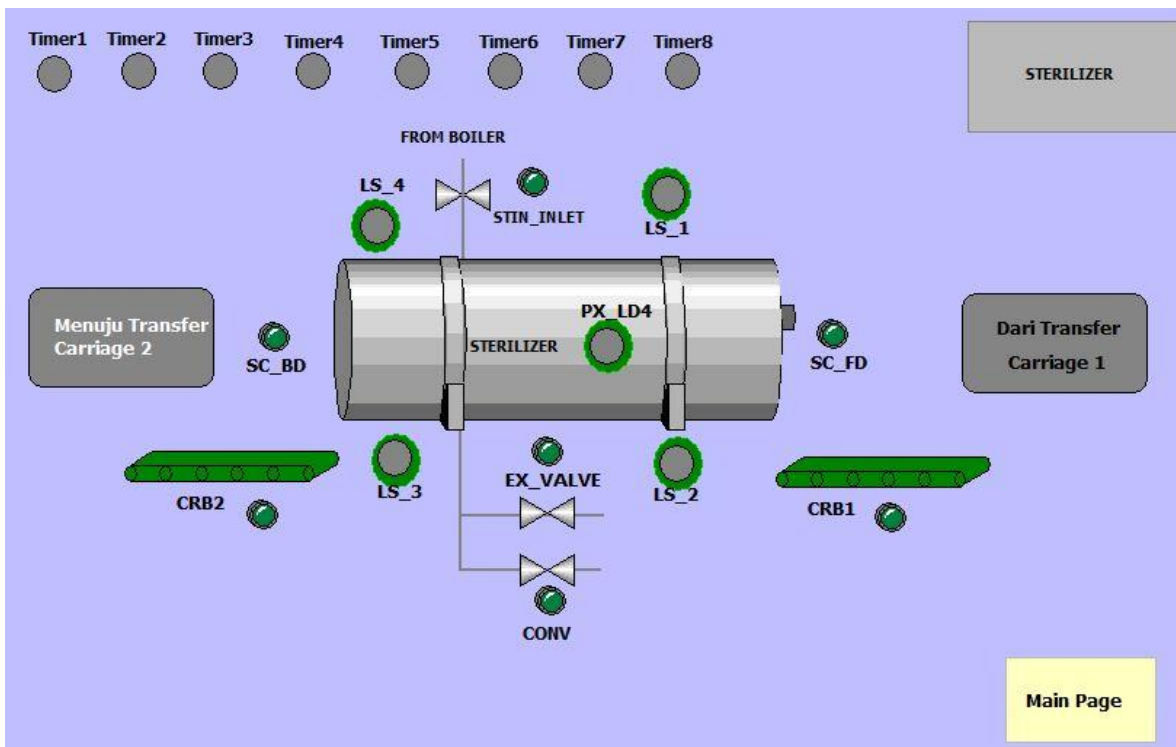
4.2.7 Tombol Panel

Pada bagian ini merupakan tempat dimana tombol – tombol yang akan difungsikan sebagai sensor, tombol *start*, dan tombol *stop* berada. Proses pengolahan kelapa sawit dari buah sawit sampai menjadi *crude palm oil* akan dikendalikan melalui panel tombol yang ada. HMI yang menunjukkan tombol panel dapat dilihat pada Gambar 4.7.

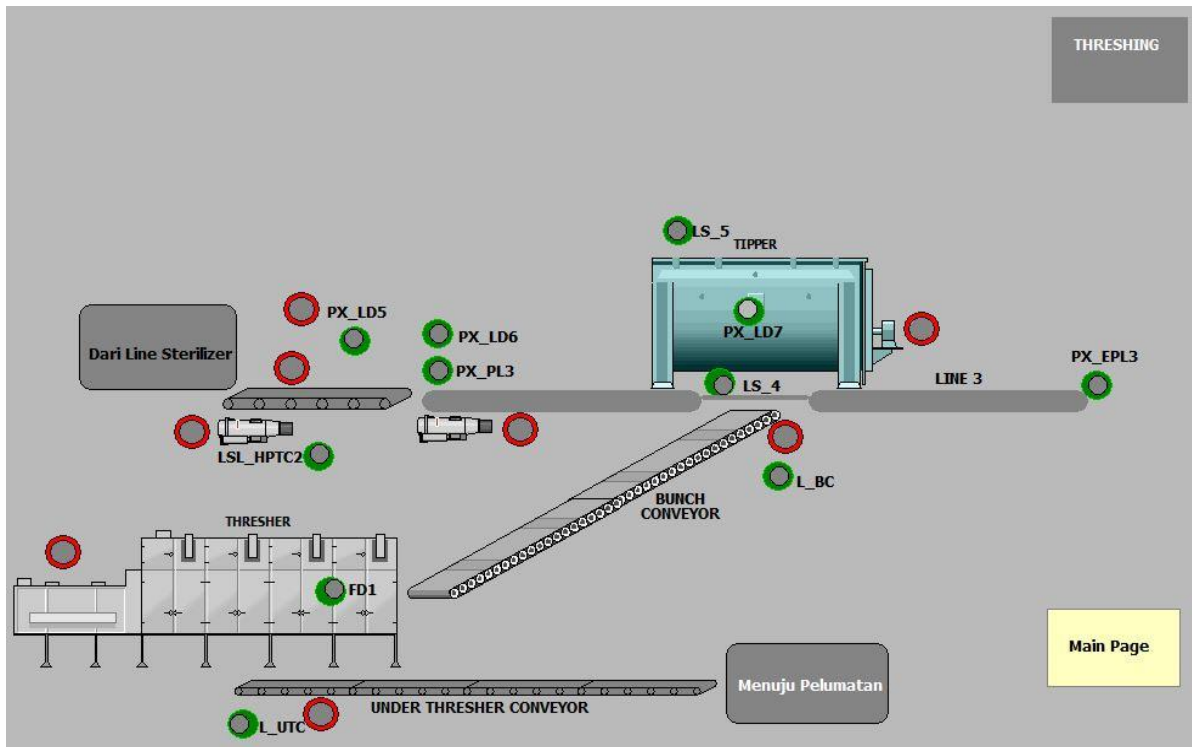
[Halaman ini sengaja dikosongkan]



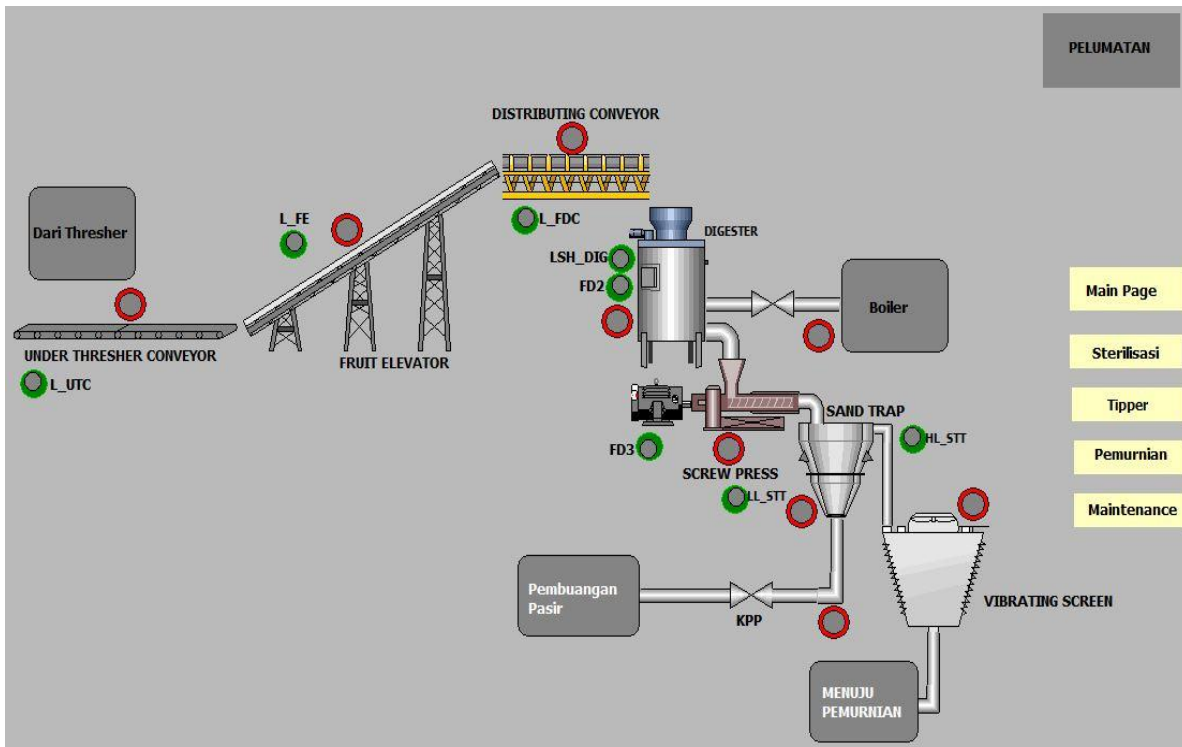
Gambar 4. 1 Tampilan HMI Overview



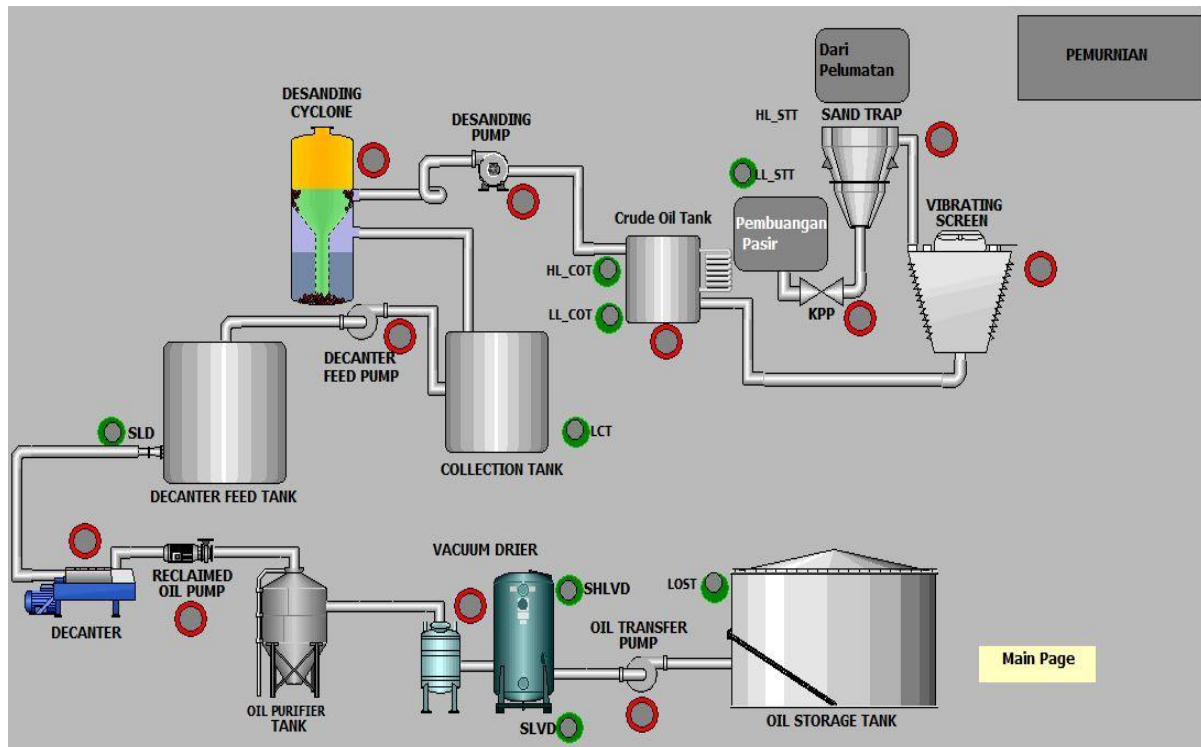
Gambar 4. 2 Tampilan HMI Sterilisasi



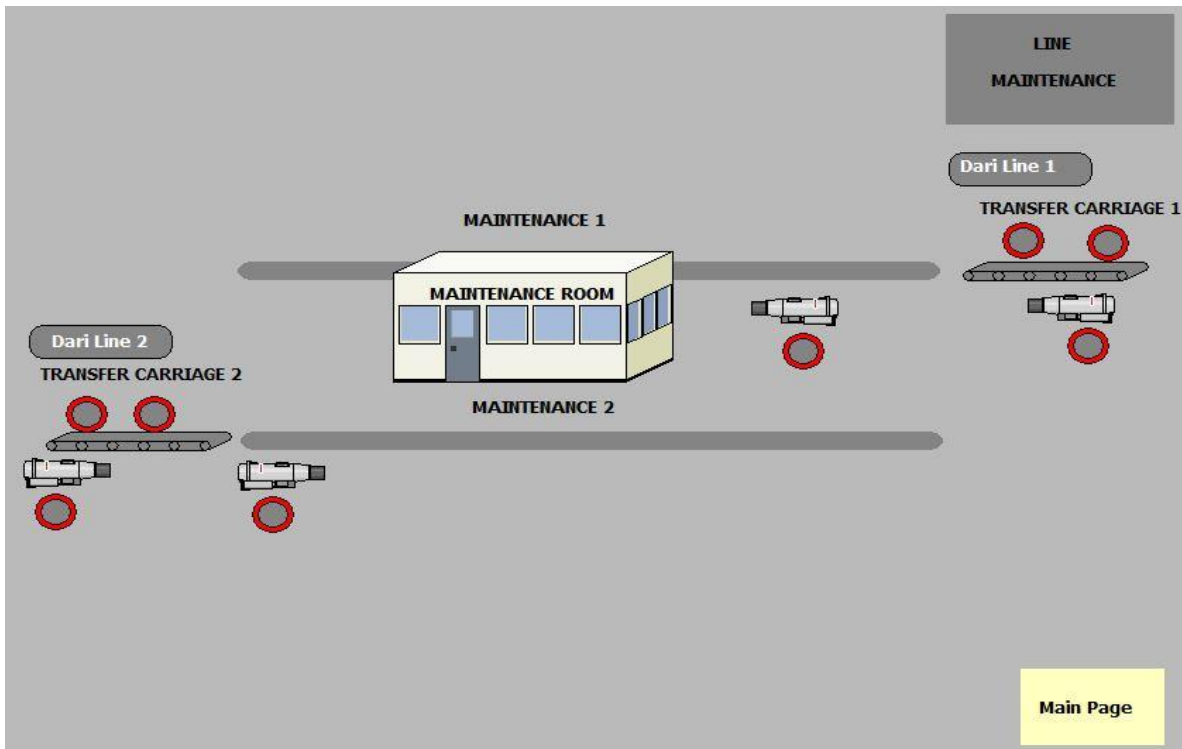
Gambar 4. 3 Tampilan HMI *Threshing*



Gambar 4. 4 Tampilan HMI Pelumatan



Gambar 4. 5 Tampilan HMI Pemurnian



Gambar 4. 6 Tampilan HMI *Line Maintenance*

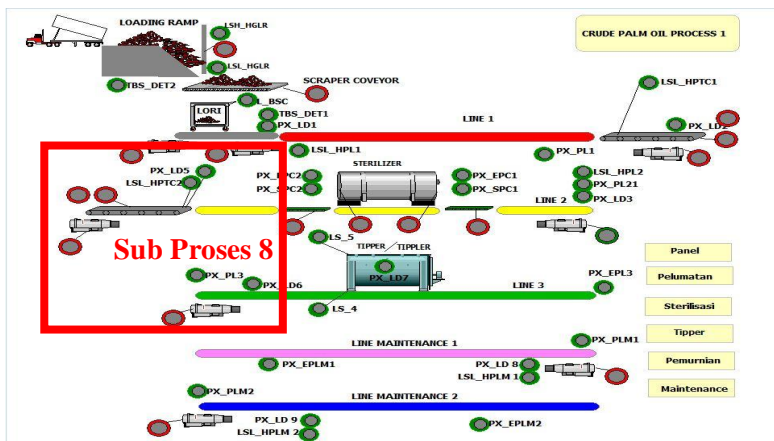


Gambar 4. 7 Tampilan HMI Tombol Panel

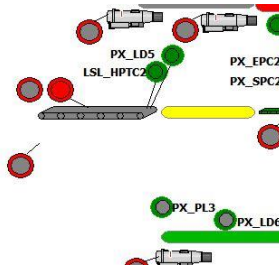
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

4.3 Simulasi

Simulasi dilakukan menggunakan *software wonderware* yang berfungsi untuk melakukan pengamatan terhadap sensor dan aktuator yang sedang bekerja dalam bentuk HMI. Setelah melakukan proses simulasi, akan dilakukan perbandingan antara keadaan proses simulasi dengan sekuens yang telah dibuat pada perancangan sebelumnya. Pada Bab 4 ini akan dilakukan simulasi pada sub proses 8 yang telah dirancang sebelumnya pada bab 3. Bisa dilihat mulai dari Gambar 4.9 sampai dengan Gambar 4.13 yang telah dilakukan pengujian pada HMI, hasilnya sesuai dengan sekuens yang diinginkan. Maka dari itu perancangan *ladder diagram* dengan metode *state diagram* untuk *crude palm oil process* bisa dikatakan berhasil.

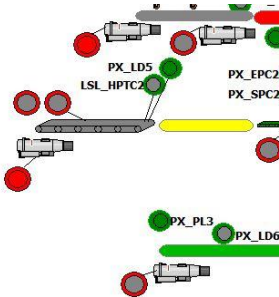


Gambar 4. 8 Sub Proses 8 yang akan di simulasikan



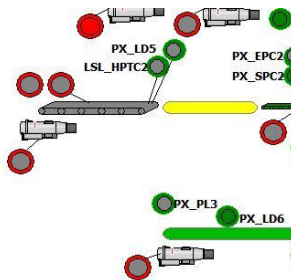
Gambar 4. 9 Hasil Simulasi untuk Step 1 pada Sub Proses 8

Pada step 1 subproses 8 akan terjadi aktifnya motor *transfer carriage 2* menuju *line 3* karena PX_LD5, SW1_ML3, LSL_HPL2, dan LSL_HPTC2. Step 1 bisa dilihat pada Gambar 4.9.



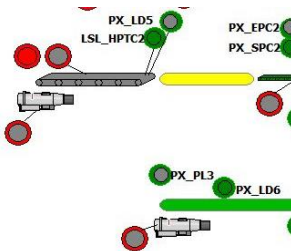
Gambar 4. 10 Hasil Simulasi untuk Step 2 pada Sub Proses 8

Pada step 2 subproses 8, motor *transfer carriage 2* akan nonaktif dan berhenti tepat pada *line 3* karena PX_PL3, lalu piston hidrolik *transfer carriage 2* akan aktif mendorong lori karena syarat perlu yaitu PX_LD5. Step 2 bisa dilihat pada Gambar 4.10.



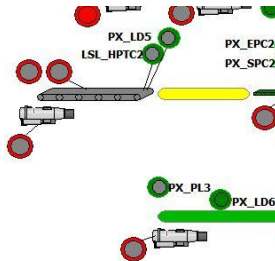
Gambar 4. 11 Hasil Simulasi untuk Step 3 pada Sub Proses 8

Pada step 3 subproses 8, piston hidrolik *transfer carriage* yang mendorong lori akan bergerak mundur (nonaktif) karena PX_LD 6 yang menandakan lori telah berada pada *line 3*. Step 3 bisa dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 12 Hasil Simulasi untuk Step 4 pada Sub Proses 8

Pada Step 4 subproses 8, piston *transfer carriage 2* yang sudah bergerak minimum maka akan mengaktifkan LSL_HPTC2 dan akan mengaktifkan motor balik *transfer carriage 2* untuk aktif balik ke *line* asal yaitu *line 2*. Step 4 bisa dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 13 Hasil Simulasi untuk Step 5 pada Sub Proses 8

Pada Step 5 subproses 8, motor *transfer carriage* 2 yang sudah berada pada *line* 2 akan nonaktif karena PX_PL22 yang menandakan *transfer carriage* 2 telah tersambung pada rel di *line* 2. Step 5 bisa dilihat pada Gambar 4.13.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan dan kendala yang dihadapi selama proses pengerjaan dimuat dalam kesimpulan dan saran.

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan proses konstruksi *ladder diagram* yang telah dilakukan pada penelitian tugas akhir ini, dapat disimpulkan bahwa pengerjaan *ladder diagram* yang telah disimulasikan menggunakan *programmable logic controller* dan *human machine interface* mempunyai jalan urutan yang sesuai dengan rancangan *sekuens* yang dibuat pada *crude palm oil process*. Dan dari hasil konstruksi *ladder diagram* menggunakan metode *state diagram* untuk *crude palm oil process* mempunyai hasil akhir, antara lain :
 - a. *Crude Palm Oil Process* terdiri dari 78 *sequence*.
 - b. Terdapat 69 *input*, 39 *output*, dan 916 buah kontak dan *relay*.
 - c. Konstruksi *ladder diagram* dengan metode *state diagram* untuk pengerjaan proses *crude palm oil* (CPO) menghasilkan total 96 *rung ladder* dengan rincian 44 *rung relay* proses dan 52 *rung output*.
 - d. Terdapat 14 sub proses pembagian untuk perancangan *ladder diagram*.
 - e. Terdapat 11 buah *Timer* dan 44 buah alamat memori.
 - f. Kapasitas memori untuk *file* program yang dihasilkan sebesar 18 KB dengan rincian 6 KB file (.BAK), 6 KB file (.CXP), dan 6 KB file (.OPT).
2. Untuk sistem yang komplek seperti pengolahan *crude palm oil*, metode *state diagram* tidak terlalu cocok untuk di terapkan karena harus membagi keseluruhan proses menjadi beberapa sub-sub proses. Akan tetapi dengan membagi seluruh proses menjadi ke sub – sub proses akan memudahkan dalam perancangan *state diagram*.

5.2 Saran

Beberapa saran yang perlu diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Membuat tampilan atau *user interface* seperti HMI yang lebih baik dan mudah untuk dipahami supaya mempermudah pengguna memantau proses yang terjadi pada *plant*.
2. Membuat aktuator pada simulasi HMI supaya bisa berjalan atau bergerak sesuai *plant* yang dirancang.

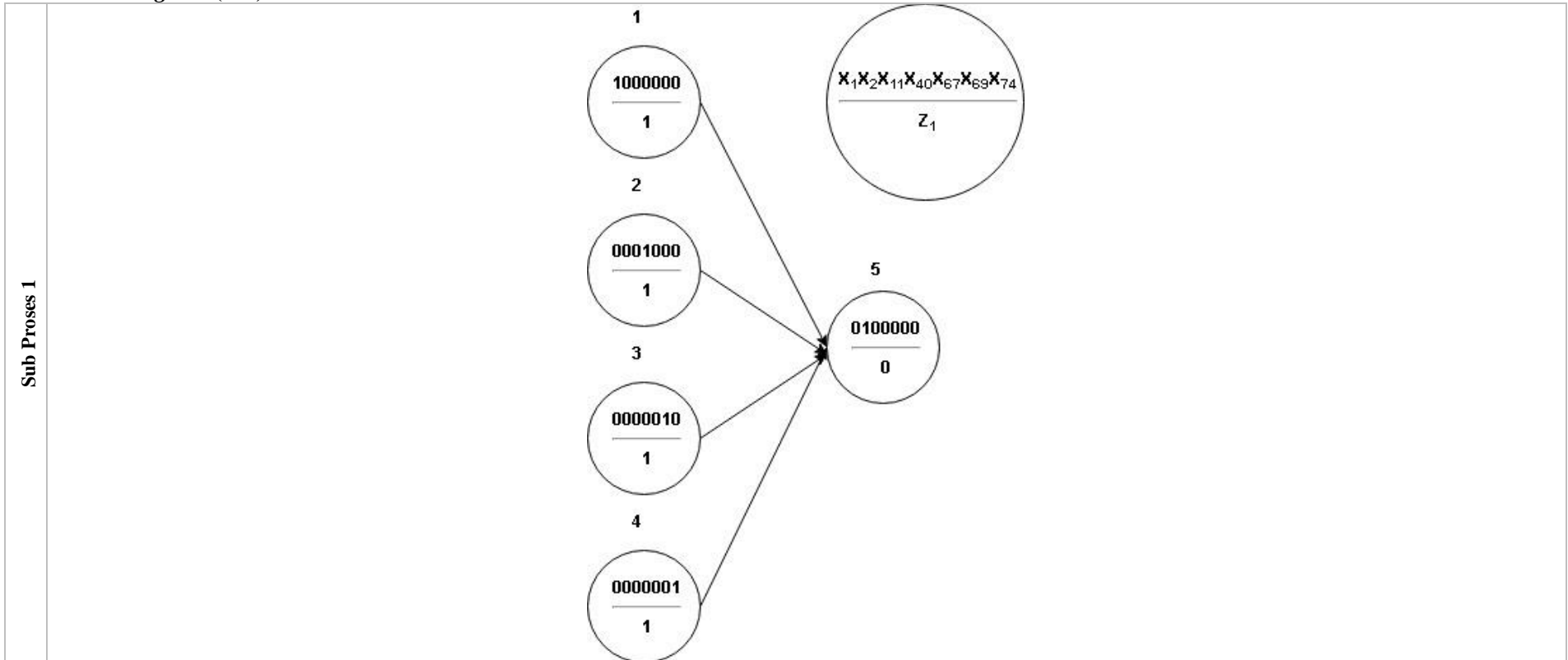
DAFTAR PUSTAKA

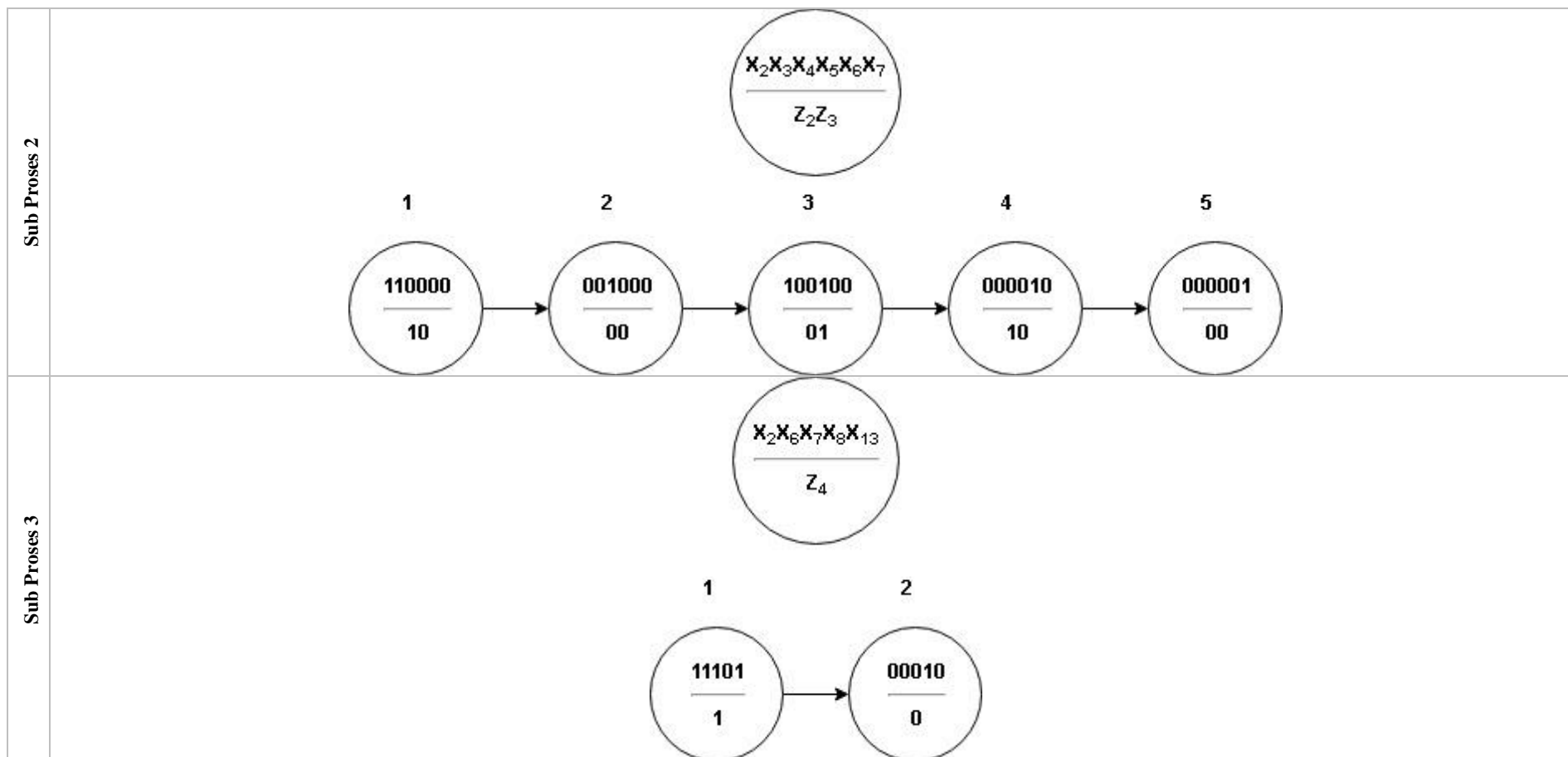
- [1] Anonim., "Keuntungan Otomasi Pabrik Kelapa Sawit" <URL: <http://www.bumn.go.id/ptpn5/berita/0-Keuntungan-Otomasi-Pabrik-Kelapa-Sawit>>, 17Mei, 2018
- [2] Anonim., "Proses Pengolahan Kelapa Sawit" <URL: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/18459/Chapter%20I;jsessionid=AE9AAC047C892288FEA996E24A3F1EFB?sequence=4>>, 17 Mei, 2018
- [3] W.Pessen, D. (1989). *Industrial Automation: Circuit Design and Component*.
- [4] Anonim., "Perkembangan lahan Perkebunan Lahan Kelapa Sawit di Indonesia" <URL: <https://http://pertanian.go.id/>>, 29 Mei, 2018
- [5] Nicco, Tugas Akhir : Konstruksi Diagram Ladder Menggunakan Metode Flow-Table/State Diagram untuk Selesi dan Perakitan Part pada Dual Conveyor, Surabaya: 2017
- [6] Anonim., "Vibrating Screen" <URL: <http://mechanovation.com/our-products/vibrating-screen/>>, 29 Mei, 2018
- [7] Anonim., "Cage Handling Systems" <URL: <http://innovergy.com/solutions.html>>, 29 Mei, 2018
- [8] Anonim., "Thresher Drum palm Oil Mill" <URL: <http://www.palmoilmillplant.com/related-products/threshing-drum-palm-oil.html>>, 29 Mei, 2018
- [9] Anonim., "Fruit Reception System" <URL: <http://www.palmoilmillplant.com/palm-oil-mill-plant/fruit-reception-system.html>>, 29 Mei, 2018
- [10] Anonim., "Sterilizing System" <URL: <http://www.palmoilmillplant.com/palm-oil-mill-plant/sterilizing-system.html>>, 29 Mei, 2018

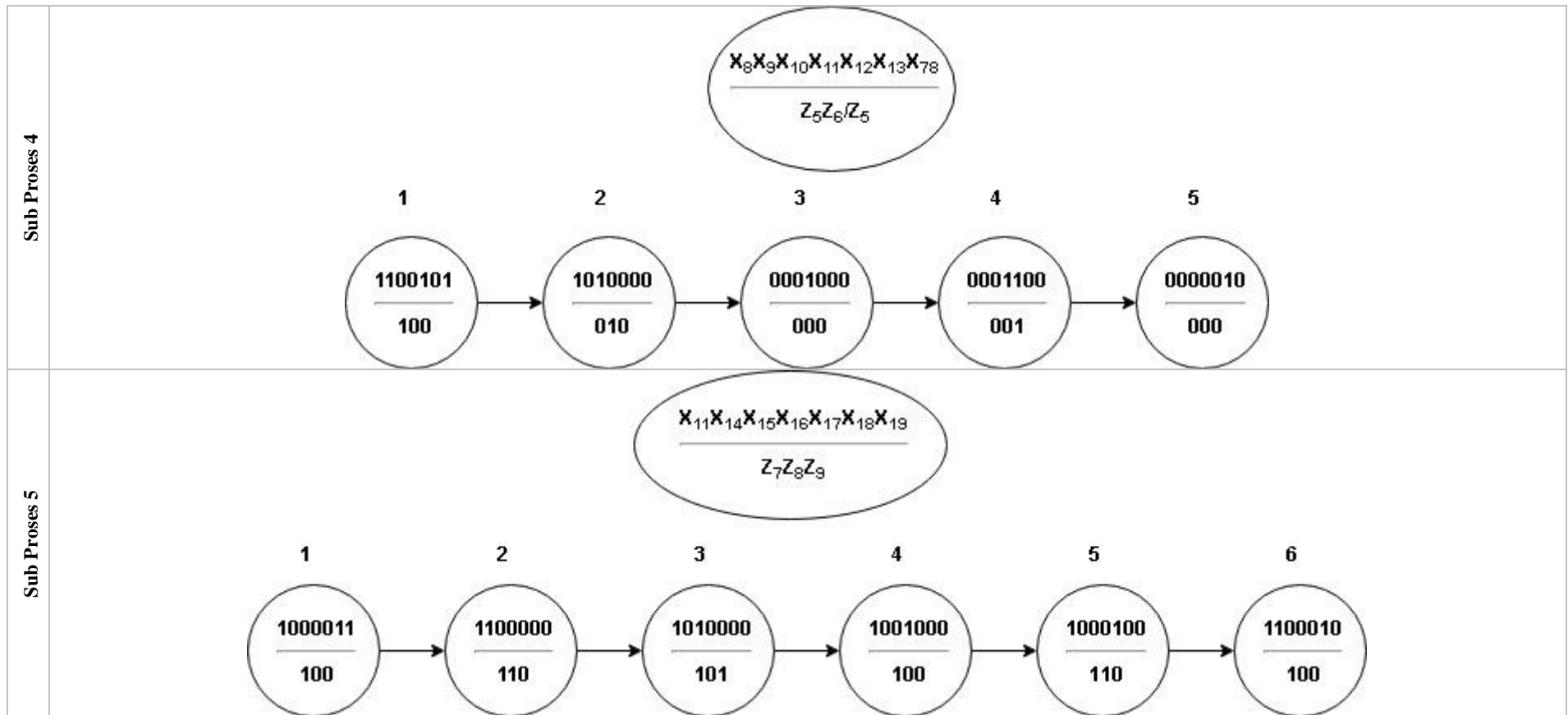
- [11] Anonim., "Digesting System" <URL: <http://www.palmoilmillplant.com/palm-oil-mill-plant/digesting-system.html>>, 29 Mei, 2018
- [12] Anonim., "Pressing System" <URL: <http://www.palmoilmillplant.com/palm-oil-mill-plant/pressing-system.html>>, 29 Mei, 2018
- [13] Anonim., "Crude Palm Oil Clarification System" <URL: <http://www.palmoilmillplant.com/palm-oil-mill-plant/crude-palm-oil-clarification-system.html>>, 29 Mei, 2018
- [14] Anonim., "Desanding Cyclone" <URL: <http://www.pmtgrp.com>>, 29 Mei, 2018
- [15] Anonim., "Screw Press" <URL: <http://mechanovation.com/our-products/mechano-screw-press/>>, 29 Mei, 2018
- [16] Muhammad Trigan., "Laporan PKL Kelapa Sawit" <URL: <https://www.scribd.com/document/356427469/Laporan-Pkl-Kelapa-Sawit>>, 17 Mei, 2018
- [17] Anonim., "Palm Oil Mill" <URL: <http://www.novaflow.com.my/palm-oil-mill/>>, 17 Mei, 2018
- [18] Anonim., "Loading Ramp" <URL: <https://boneputra.com/tech/industri/palm-oil-mill-loading-ramp>>, 29 Mei, 2018
- [19] Anonim., "Grading" <URL: <https://boneputra.com>>, 29 Mei, 2018
- [20] *HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI)*. (t.thn.). Elektro ITS.
- [21] Josaphat. (1993). *CQMI Programmable Controllers*. Omron

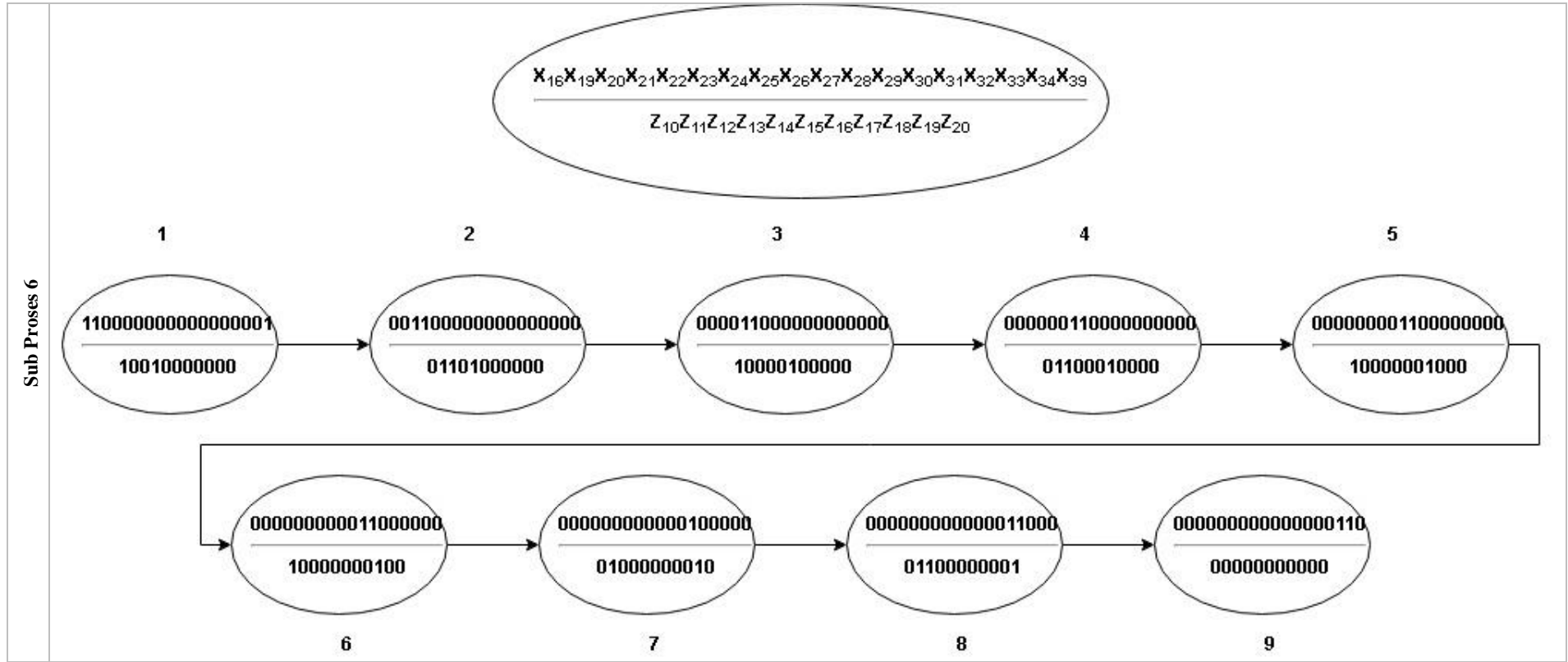
LAMPIRAN

A. State Diagram (I/O)

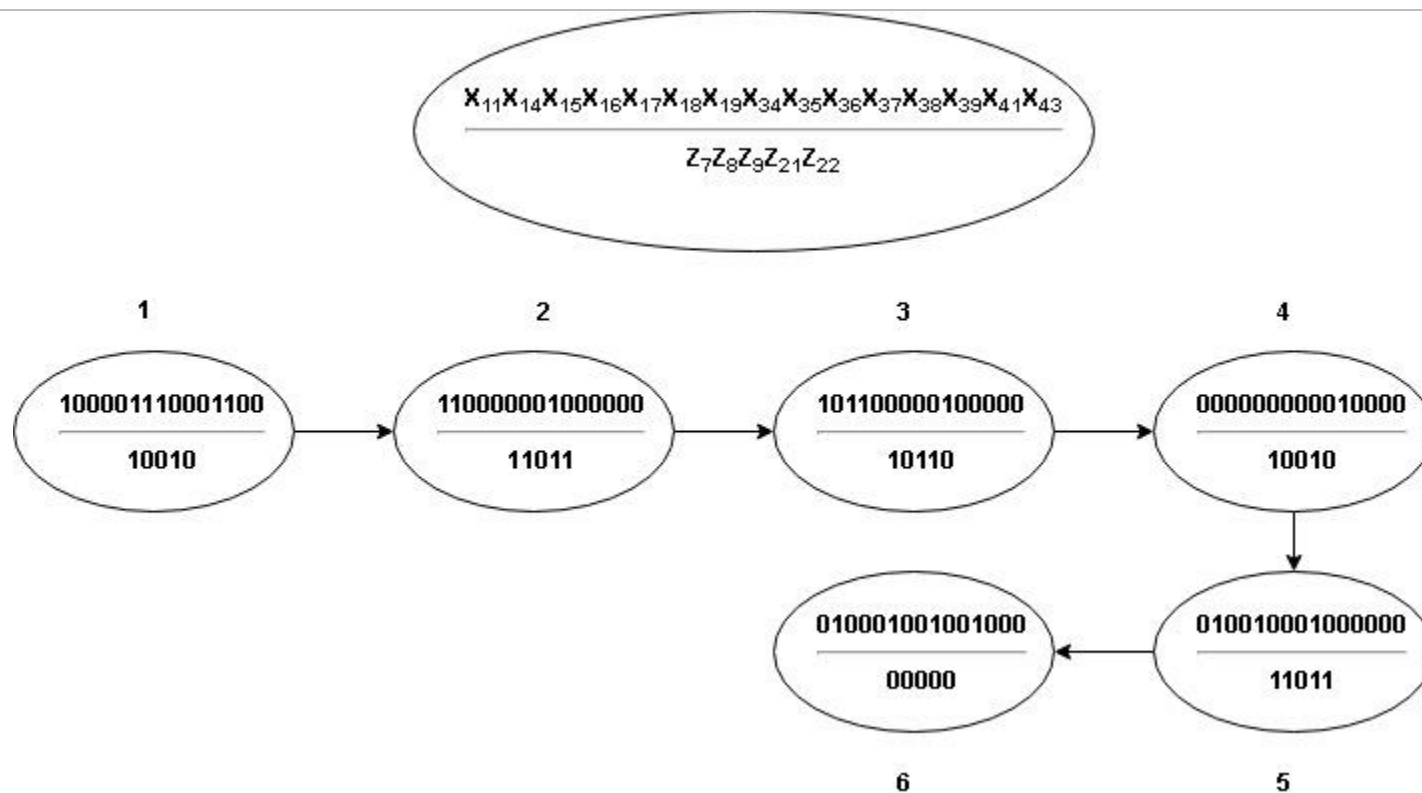




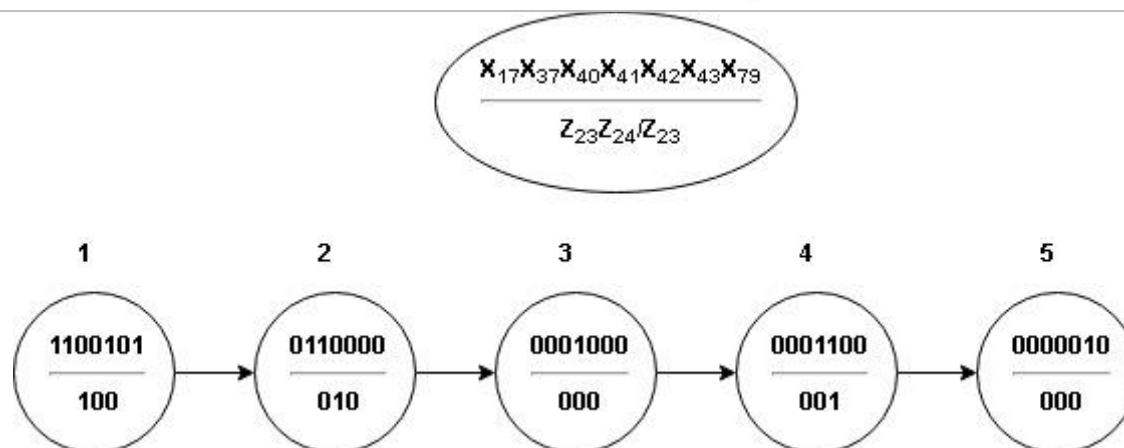


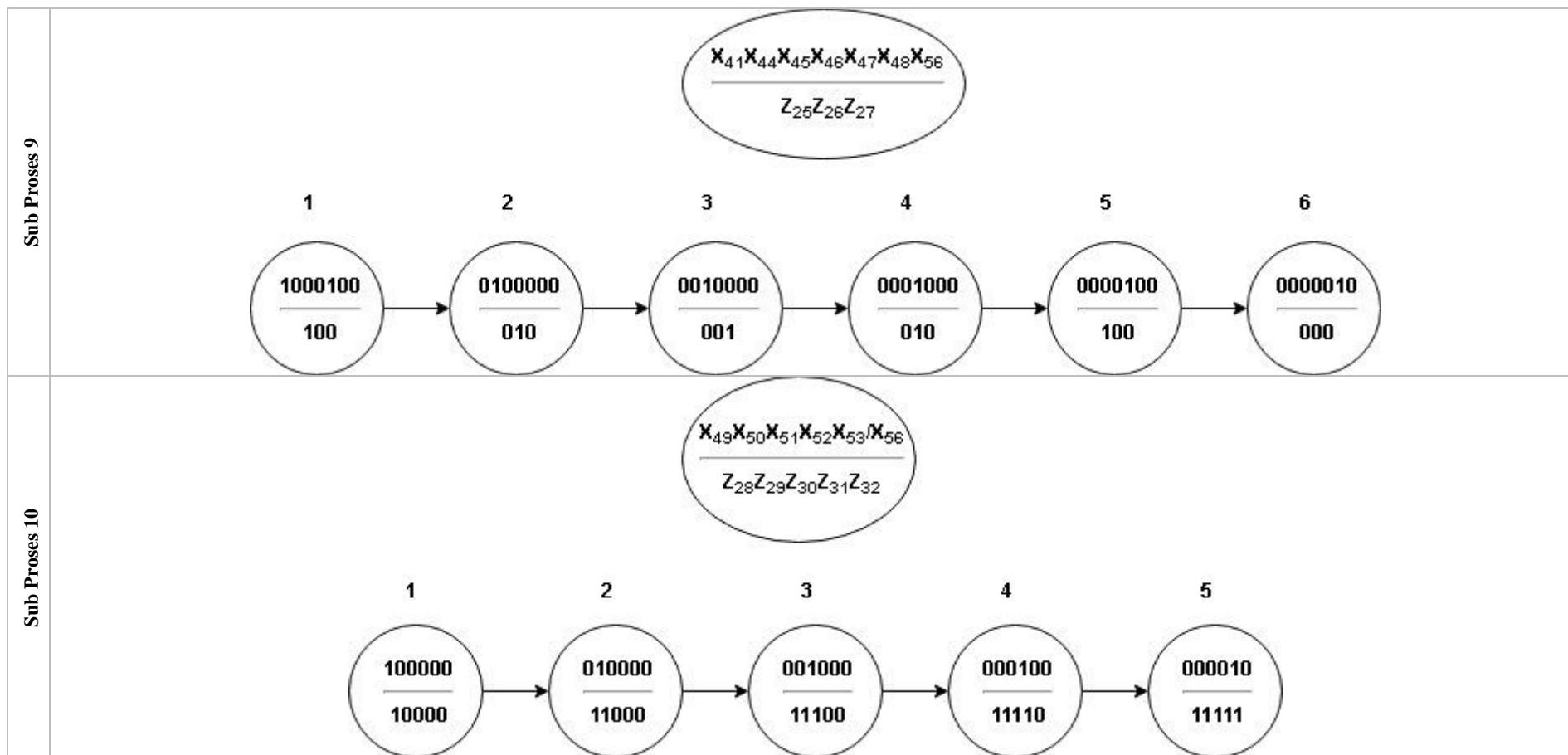


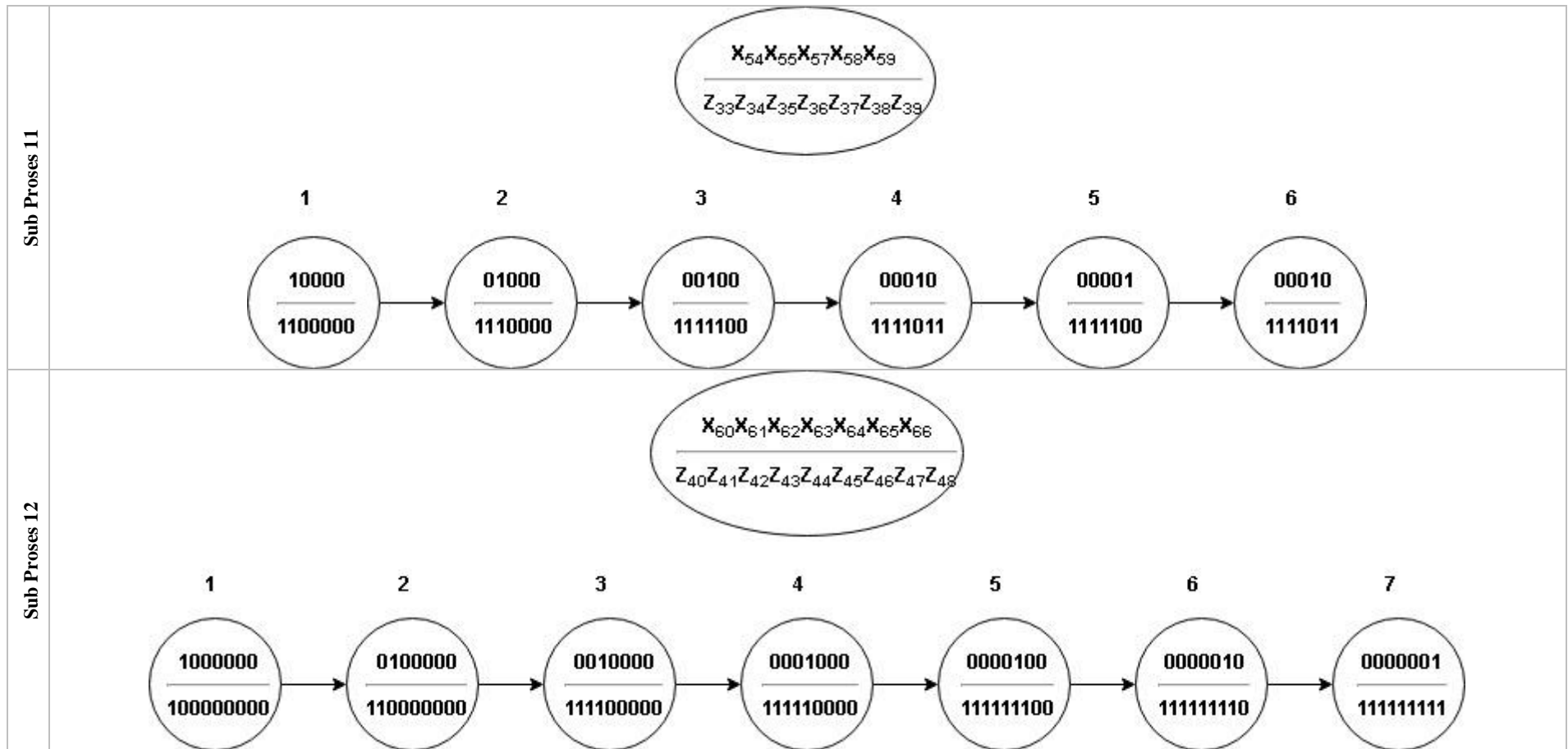
Sub Proses 7

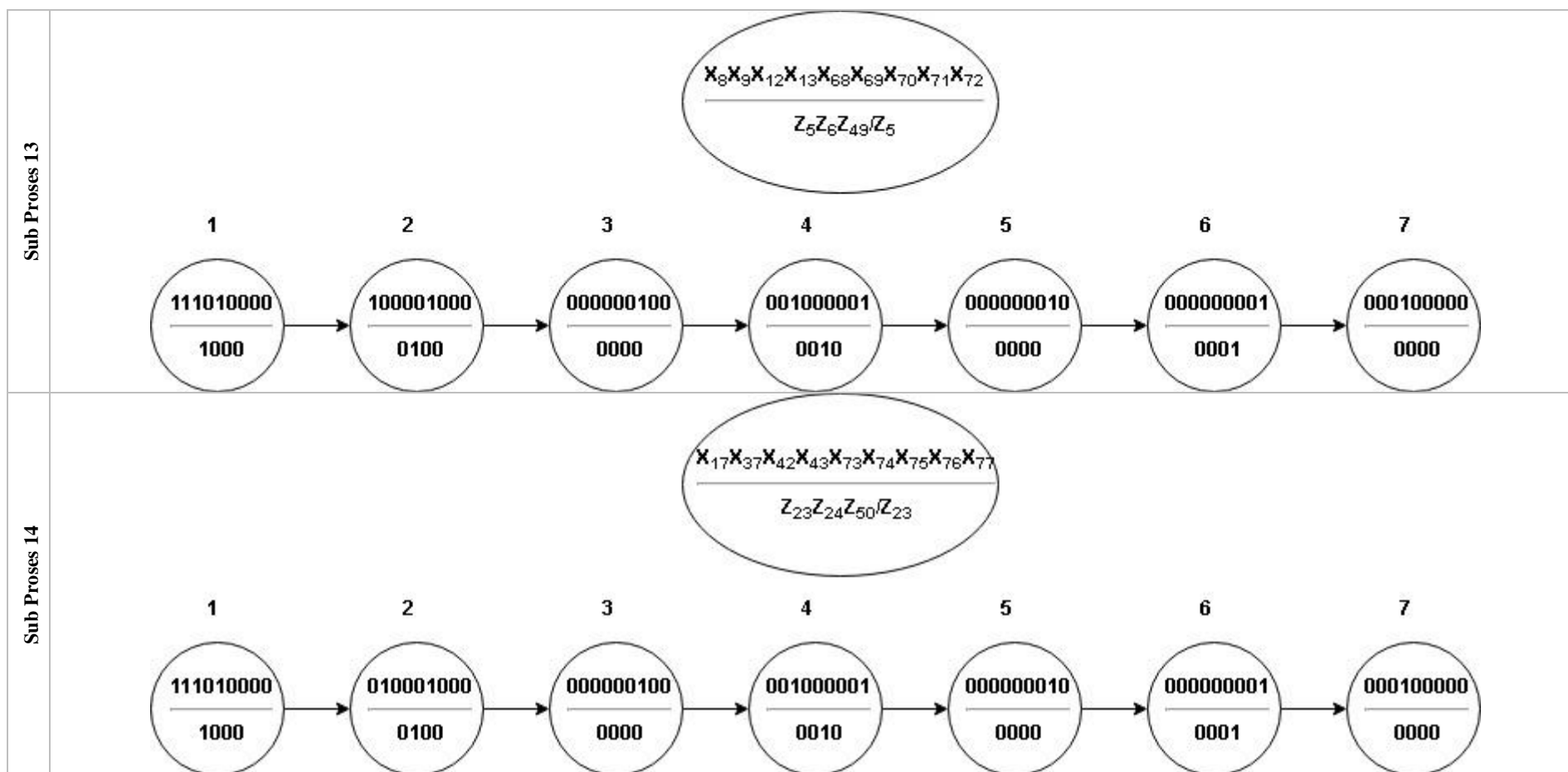


Sub Proses 8









B. Primitive Flow Table

Tabel B1 Primitive Flow Table Sub Proses 1

Row	Inputs $X_1X_2X_{11}X_{40}X_{67}X_{69}X_{74}$					Outputs Z_1
	1000000	0001000	0000010	0000001	0100000	Z_1
1	1	2	-	-	-	1
2	-	2	3	-	-	1
3	-	-	3	4	-	1
4	-	-	-	4	5	1
5	-	-	-	-	5	0

Tabel B2 Primitive Flow Table Sub Proses 2

Row	Inputs $X_2X_3X_4X_5X_6X_7$					Outputs Z_2Z_3	
	110001	001000	100100	000010	000001	Z_2	Z_3
1	1	2	-	-	-	1	0
2	-	2	3	-	-	0	0
3	-	-	3	4	-	0	1
4	-	-	-	4	5	1	0
5	-	-	-	-	5	0	0

Tabel B3 Primitive Flow Table Sub Proses 3

Row	Inputs $X_2X_6X_7X_8X_{13}$		Outputs Z_4
	11101	00010	Z_4
1	1	2	1
2	-	2	0

Tabel B4*Primitive Flow Table Sub Proses 4*

Row	Inputs $X_8X_9X_{10}X_{11}X_{12}X_{13}X_7$					Outputs $Z_5Z_6\overline{X_5}$		
	1100101	1010000	0001000	0001100	0000010	Z_5	Z_6	$\overline{X_5}$
1	1	2	-	-	-	1	0	0
2	-	2	3	-	-	0	1	0
3	-	-	3	4	-	0	0	0
4	-	-	-	4	5	0	0	1
5	-	-	-	-	5	0	0	0

Tabel B5*Primitive Flow Table Sub Proses 5*

Row	Inputs $X_{11}X_{14}X_{15}X_{16}X_{17}X_{18}X_{19}$						Outputs $Z_7Z_8Z_9$		
	10000 11	11000 00	10100 00	10010 00	10001 00	11000 10	Z_7	Z_8	Z_9
1	1	2	-	-	-	-	1	0	0
2	-	2	3	-	-	-	1	1	0
3	-	-	3	4	-	-	1	0	1
4	-	-	-	4	5	-	1	0	0
5	-	-	-	-	5	6	1	1	0
6	-	-	-	-	-	6	0	0	0

Tabel B6*Primitive Flow Table Sub Proses 6*

Row	Inputs $X_{16}X_{19}X_{20}X_{21}X_{22}X_{23}X_{24}X_{26}X_{27}X_{28}X_{29}X_{30}X_{31}X_{32}X_{33}X_{34}X_{39}$										Outputs $Z_{10}Z_{11}Z_{12}Z_{13}Z_{14}Z_{15}Z_{16}Z_{17}Z_{18}Z_{19}Z_{20}$										
	1100000000 00000001	0011000000 00000000	0000110000 00000000	0000001100 00000000	0000000011 00000000	0000000000 11000000	0000000000 00100000	0000000000 00011000	0000000000 00000110	Z_{10}	Z_{11}	Z_{12}	Z_{13}	Z_{14}	Z_{15}	Z_{16}	Z_{17}	Z_{18}	Z_{19}	Z_{20}	
1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
2	-	2	3	-	-	-	-	-	-	0	1		0	1	0	0	0	0	0	0	
3	-	-	3	4	-	-	-	-	-	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
4	-	-	-	4	5	-	-	-	-	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
5	-	-	-	-	5	6	-	-	-	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
6	-	-	-	-	-	6	7	-	-	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
7	-	-	-	-	-	-	7	8	-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
8	-	-	-	-	-	-	-	8	9	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabel B7*Primitive Flow Table Sub Proses 7*

Row	Inputs $X_{11}X_{14}X_{15}X_{16}X_{17}X_{18}X_{19}X_{34}X_{35}X_{36}X_{37}X_{38}X_{39}X_{41}X_{43}$						Outputs $Z_7Z_8Z_9Z_{21}Z_{22}$				
	100001110001100	110000001000000	101100000100001	000000000010000	010010001000000	010001001001000	Z ₇	Z ₈	Z ₉	Z ₂₁	Z ₂₂
1	1	2	-	-	-	-	1	0	0	1	0
2	-	2	3	-	-	-	1	1	0	1	1
3	-	-	3	4	-	-	1	0	1	1	0
4	-	-	-	4	5	-	1	0	0	1	0
5	-	-	-	-	5	6	1	1	0	1	1
6	-	-	-	-	-	6	0	0	0	0	0

Tabel B8*Primitive Flow Table Sub Proses 8*

Row	Inputs $X_{17}X_{37}X_{40}X_{41}X_{42}X_{43}X_{79}$					Outputs $Z_{23}Z_{24}\overline{Z_{23}}$		
	1100101	0110000	0001000	0001100	0000010	Z_{23}	Z_{24}	$\overline{Z_{23}}$
1	1	2	-	-	-	1	0	0
2	-	2	3	-	-	0	1	0
3	-	-	3	4	-	0	0	0
4	-	-	-	4	5	0	0	1
5	-	-	-	-	5	0	0	0

Tabel B9*Primitive Flow Table Sub Proses 9*

Row	Inputs $X_{41}X_{44}X_{45}X_{46}X_{47}X_{48}X_{56}$						Outputs $Z_{25}Z_{26}Z_{27}$		
	1000100	0100000	0010000	0001000	0000100	0000010	Z_{25}	Z_{26}	Z_{27}
1	1	2	-	-	-	-	1		
2	-	2	3	-	-	-		1	
3	-	-	3	4	-	-			1
4	-	-	-	4	5	-		1	
5	-	-	-	-	5	6	1		
6	-	-	-	-	-	6	-	-	-

Tabel B10*Primitive Flow Table* Sub Proses 10

Row	Inputs $X_{49}X_{50}X_{51}X_{52}X_{53}X_{56}$					Outputs $Z_{28}Z_{29}Z_{30}Z_{31}$			
	100000	010000	001000	000100	000010	Z_{28}	Z_{29}	Z_{30}	Z_{31}
1	1	2	-	-	-	1	1	0	0
2	-	2	3	-	-	1	1	1	0
3	-	-	3	4	-	1	1	1	1
4	-	-	-	4	5	1	1	1	1
5	-	-	-	-	5	1	1	1	1

Tabel B11*Primitive Flow Table* Sub Proses 11

Row	Inputs $X_{54}X_{55}X_{57}X_{58}X_{59}$						Outputs $Z_{33}Z_{34}Z_{35}Z_{36}Z_{37}Z_{38}Z_{39}$						
	10000	01000	00100	00010	00001	00010	Z_{33}	Z_{34}	Z_{35}	Z_{36}	Z_{37}	Z_{38}	Z_{39}
1	1	2	-	-	-	-	1	1	0	0	0	0	0
2	-	2	3	-	-	-	1	1	1	0	0	0	0
3	-	-	3	4	-	-	1	1	1	1	1	0	0
4	-	-	-	4	5	-	1	1	1	1	0	1	1
5	-	-	-	-	5	6	1	1	1	1	1	0	0
6	-	-	-	-	-	6	1	1	1	1	0	1	1

Tabel B12*Primitive Flow Table* Sub Proses 12

Row	Inputs $X_{60}X_{61}X_{62}X_{63}X_{64}X_{65}X_{66}$							Outputs $Z_{40}Z_{41}Z_{42}Z_{43}Z_{44}Z_{45}Z_{46}Z_{47}Z_{48}$								
	1000000	0100000	0010000	0001000	0000100	0000010	0000001	Z_{40}	Z_{41}	Z_{42}	Z_{43}	Z_{44}	Z_{45}	Z_{46}	Z_{47}	Z_{48}
1	1	2	-	-	-	-	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-	2	3	-	-	-	-	1	1	0	0	0	0	0	0	0
3	-	-	3	4	-	-	-	1	1	1	1	0	0	0	0	0
4	-	-	-	4	5	-	-	1	1	1	1	1	0	0	0	0
5	-	-	-	-	5	6	-	1	1	1	1	1	1	1	0	0
6	-	-	-	-	-	6	7	1	1	1	1	1	1	1	1	0
7	-	-	-	-	-	-	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabel B13*Primitive Flow Table* Sub Proses 13

Row	Inputs $X_8X_9X_{12}X_{13}X_{68}X_{69}X_{70}X_{71}X_{72}$							Outputs $Z_5Z_6Z_{49}\overline{Z_5}$			
	111010000	100001000	000000100	001000001	000000010	000000001	000100000	Z_5	Z_6	Z_{49}	$\overline{Z_5}$
1	1	2	-	-	-	-	-	1	0	0	0
2	-	2		-	-	-	-	0	1	0	0
3	-	-	3	4	-	-	-	0	0	0	0
4	-	-	-	4	5	-	-	0	0	1	0
5	-	-	-	-	5	6	-	0	0	0	0
6	-	-	-	-	-	6	7	0	0	0	1
7	-	-	-	-	-	-	7	0	0	0	0

Tabel B14*Primitive Flow Table* Sub Proses 14

Row	Inputs $X_{17}X_{37}X_{42}X_{43}X_{73}X_{74}X_{75}X_{76}X_{77}$							Outputs $Z_{23}Z_{24}Z_{50}\overline{Z_{23}}$			
	111010000	010001000	000000100	001000001	000000010	000000001	000100000	Z_{23}	Z_{24}	Z_{50}	$\overline{Z_{23}}$
1	1	2	-	-	-	-	-	1	0	0	0
2	-	2	3	-	-	-	-	0	1	0	0
3	-	-	3	4	-	-	-	0	0	0	0
4	-	-	-	4	5	-	-	0	0	1	0
5	-	-	-	-	5	6	-	0	0	0	0
6	-	-	-	-	-	6	7	0	0	0	1
7	-	-	-	-	-	-	7	0	0	0	0

C. Merged Flow Table

Tabel C1 Merged Flow Table Sub Proses 1

Row	Inputs $X_1X_2X_{11}X_{40}X_{67}X_{69}X_{74}$					Outputs Z_1	System's
	1000000	0001000	0000010	0000001	0100000	Z_1	Y_1
1	1	2	3	4	5	1	1
2	-	-	-	-	5	0	0

Tabel C2 Merged Flow Table Sub Proses 2

Row	Inputs $X_2X_3X_4X_5X_6X_7$					Outputs Z_2Z_3		System's	
	110001	001000	100100	000010	000001	Z_2	Z_3	Y_2	Y_3
1,4	1	2	-	4	5	1	0	1	1
2,5	-	2	3	-	5	0	0	0	0
3	-	-	3	4	-	0	1	1	0

Tabel C3 Merged Flow Table Sub Proses 3

Row	Inputs $X_2X_6X_7X_8X_{13}$		Outputs Z_4	System's
	11101	00010	Z_4	Y_{31}
1	1	2	1	1
2	-	2	0	0

Tabel C4 Merged Flow Table Sub Proses 4

Row	Inputs $X_8X_9X_{10}X_{11}X_{12}X_{13}X_{78}$					Outputs $Z_5Z_6\bar{X}_5$			System's	
	1100101	1010000	0001000	0001100	0000010	Z_5	Z_6	\bar{X}_5	Y_{32}	Y_{33}
1	1	2	-	-	-	1	0	0	1	1
2	-	2	3	-	-	0	1	0	1	0
3,5	-	-	3	4	5	0	0	0	0	0
4	-	-	-	4	5	0	0	1	0	1

Tabel C5*Merged Flow Table Sub Proses 5*

Row	Inputs X ₁₁ X ₁₄ X ₁₅ X ₁₆ X ₁₇ X ₁₈ X ₁₉						Outputs Z ₇ Z ₈ Z ₉			System's	
	1000011	1100000	1010000	1001000	1000100	1100010	Z ₇	Z ₈	Z ₉	Y ₄	Y ₅
1,4	1	2	-	4	5	-	1	0	0	1	1
2,5	-	2	3	-	5	6	1	1	0	1	0
3	-	-	3	4	-	-	1	0	1	0	1
6	-	-	-	-	-	6	0	0	0	0	0

Tabel C6*Merged Flow Table Sub Proses 6*

Row	Inputs $X_{16}X_{19}X_{20}X_{21}X_{22}X_{23}X_{24}X_{26}X_{27}X_{28}X_{29}X_{30}X_{31}X_{32}X_{33}X_{34}X_{39}$										Outputs $Z_{10}Z_{11}Z_{12}Z_{13}Z_{14}Z_{15}Z_{16}Z_{17}Z_{18}Z_{19}Z_{20}$										System's			
	110000000 000000001	001100000 000000000	000011000 000000000	000000110 000000000	000000001 100000000	000000000 011000000	000000000 000100000	000000000 000011000	000000000 000000110	Z_{10}	Z_{11}	Z_{12}	Z_{13}	Z_{14}	Z_{15}	Z_{16}	Z_{17}	Z_{18}	Z_{19}	Z_{20}	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9
1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
2	-	2	3	-	-	-	-	-	-	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	
3	-	-	3	4	-	-	-	-	-	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	
4	-	-	-	4	5	-	-	-	-	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	
5	-	-	-	-	5	6	-	-	-	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	
6	-	-	-	-	-	6	7	-	-	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	
7	-	-	-	-	-	-	7	8	-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	
8	-	-	-	-	-	-	-	8	9	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabel C7*Merged Flow Table* Sub Proses 7

Row	Inputs $X_{11}X_{14}X_{15}X_{16}X_{17}X_{18}X_{19}X_{34}X_{35}X_{36}X_{37}X_{38}X_{39}X_{41}X_{43}$						Outputs $Z_7Z_8Z_9Z_{21}Z_{22}$					System's	
	100001110001100	110000001000000	101100000100001	000000000010000	010010001000000	010001001001000	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{21}	Z_{22}	Z_{10}	Z_{11}
1,4	1	2	-	4	5	-	1	0	0	1	0	1	1
2,5	-	2	3	-	5	6	1	1	0	1	1	1	0
3	-	-	3	4	-	-	1	0	1	1	0	0	1
6	-	-	-	-	-	6	0	0	0	0	0	0	0

Tabel C8*Merged Flow Table* Sub Proses 8

Row	Inputs $X_{17}X_{37}X_{40}X_{41}X_{42}X_{43}X_{79}$					Outputs $Z_{23}Z_{24}\overline{Z_{23}}$			System's	
	1100101	0110000	0001000	0001100	0000010	Z_{23}	Z_{24}	$\overline{Z_{23}}$	Y_{12}	Y_{13}
1	1	2	-		-	1	0	0	1	1
2	-	2	3		-	0	1	0	1	0
3,5	-	-	3	4	5	0	0	0	0	0
4	-	-		4	5	0	0	1	0	1

Tabel C9*Merged Flow Table* Sub Proses 9

Row	Inputs $X_{41}X_{44}X_{45}X_{46}X_{47}X_{48}X_{56}$						Outputs $Z_{25}Z_{26}Z_{27}$			System's	
	1000100	0100000	0010000	0001000	0000100	0000010	Z_{25}	Z_{26}	Z_{27}	Y_{14}	Y_{15}
1,5	1	2	-	-	5	6	1	0	0	1	1
2,4	-	2	3	4	5	-	0	1	0	1	0
3	-	-	3	4	-	-	0	0	1	0	1
4	-	-	-	-	-	6	0	0	0	0	0

Tabel C10*Merged Flow Table* Sub Proses 10

Row	Inputs $X_{49}X_{50}X_{51}X_{52}X_{53}X_{56}$					Outputs $Z_{28}Z_{29}Z_{30}Z_{31}$				System's		
	100000	010000	001000	000100	000010	Z_{28}	Z_{29}	Z_{30}	Z_{31}	Y_{16}	Y_{17}	Y_{18}
1	1	2		-	-	1	1	0	0	1	1	1
2	-	2	3	-	-	1	1	1	0	1	1	0
3	-	-	3	4	-	1	1	1	1	1	0	1
4	-	-	-	4	5	1	1	1	1	1	0	0
5	-	-	-	-	5	1	1	1	1	0	1	1

Tabel C11*Merged Flow Table* Sub Proses 11

Row	Inputs $X_{54}X_{55}X_{57}X_{58}X_{59}$						Outputs $Z_{33}Z_{34}Z_{35}Z_{36}Z_{37}Z_{38}Z_{39}$							System's		
	10000	01000	00100	00010	00001	00010	Z_{33}	Z_{34}	Z_{35}	Z_{36}	Z_{37}	Z_{38}	Z_{39}	Y_{19}	Y_{20}	Y_{21}
1	1	2	-	-	-	-	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
2	-	2	3	-	-	-	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
3	-	-	3	4	-	-	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1
4,6	-	-	-	4	5	6	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0
5	-	-	-	-	5	6	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1

Tabel C12*Merged Flow Table Sub Proses 12*

Row	Inputs $X_{60}X_{61}X_{62}X_{63}X_{64}X_{65}X_{66}$							Outputs $Z_{40}Z_{41}Z_{42}Z_{43}Z_{44}Z_{45}Z_{46}Z_{47}Z_{48}$									System's		
	1000000	0100000	0010000	0001000	0000100	0000010	0000001	Z_{40}	Z_{41}	Z_{42}	Z_{43}	Z_{44}	Z_{45}	Z_{46}	Z_{47}	Z_{48}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{24}
1	1	2	-	-	-	-	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
2	-	2	3	-	-	-	-	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
3	-	-	3	4	-	-	-	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
4	-	-	-	4	5	-	-	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
5	-	-	-	-	5	6	-	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
6	-	-	-	-	-	6	7	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
7	-	-	-	-	-	-	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
8	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

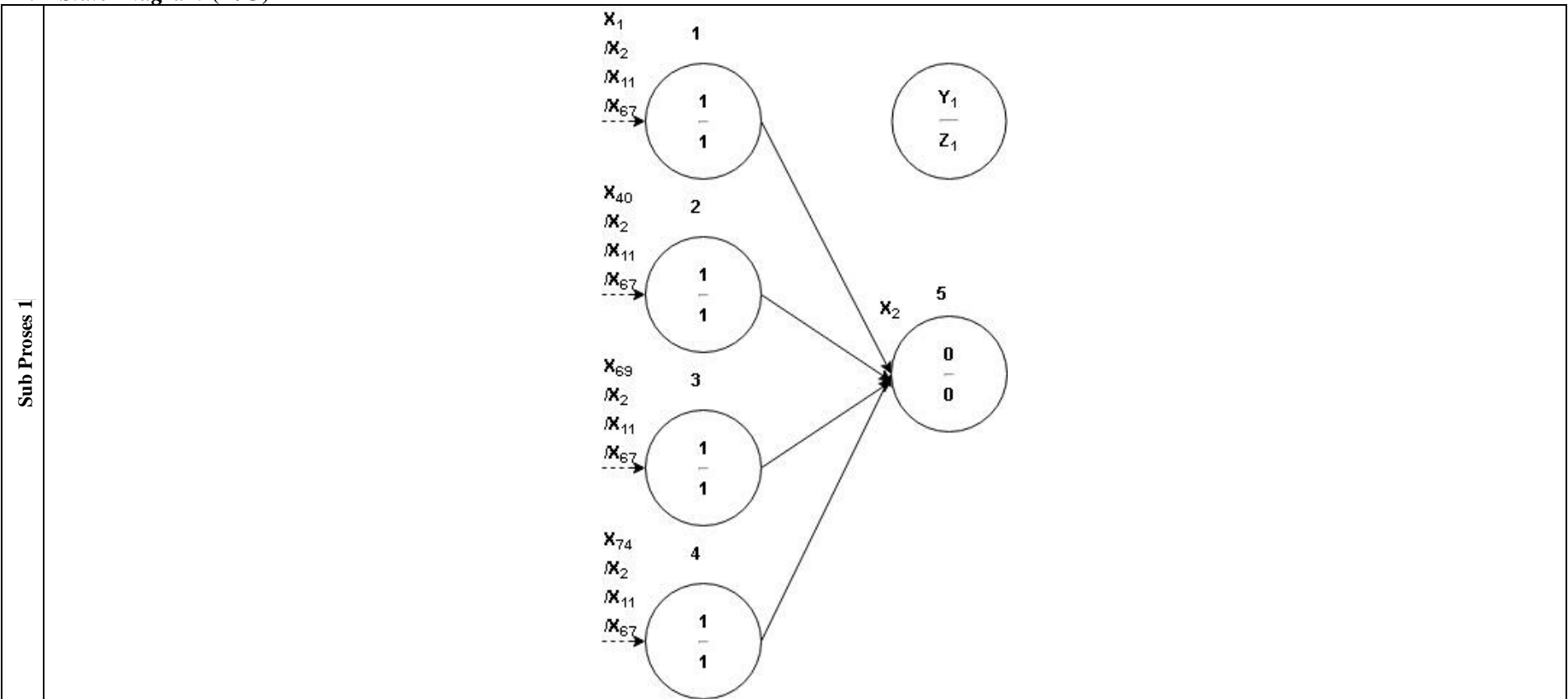
Tabel C13*Merged Flow Table Sub Proses 13*

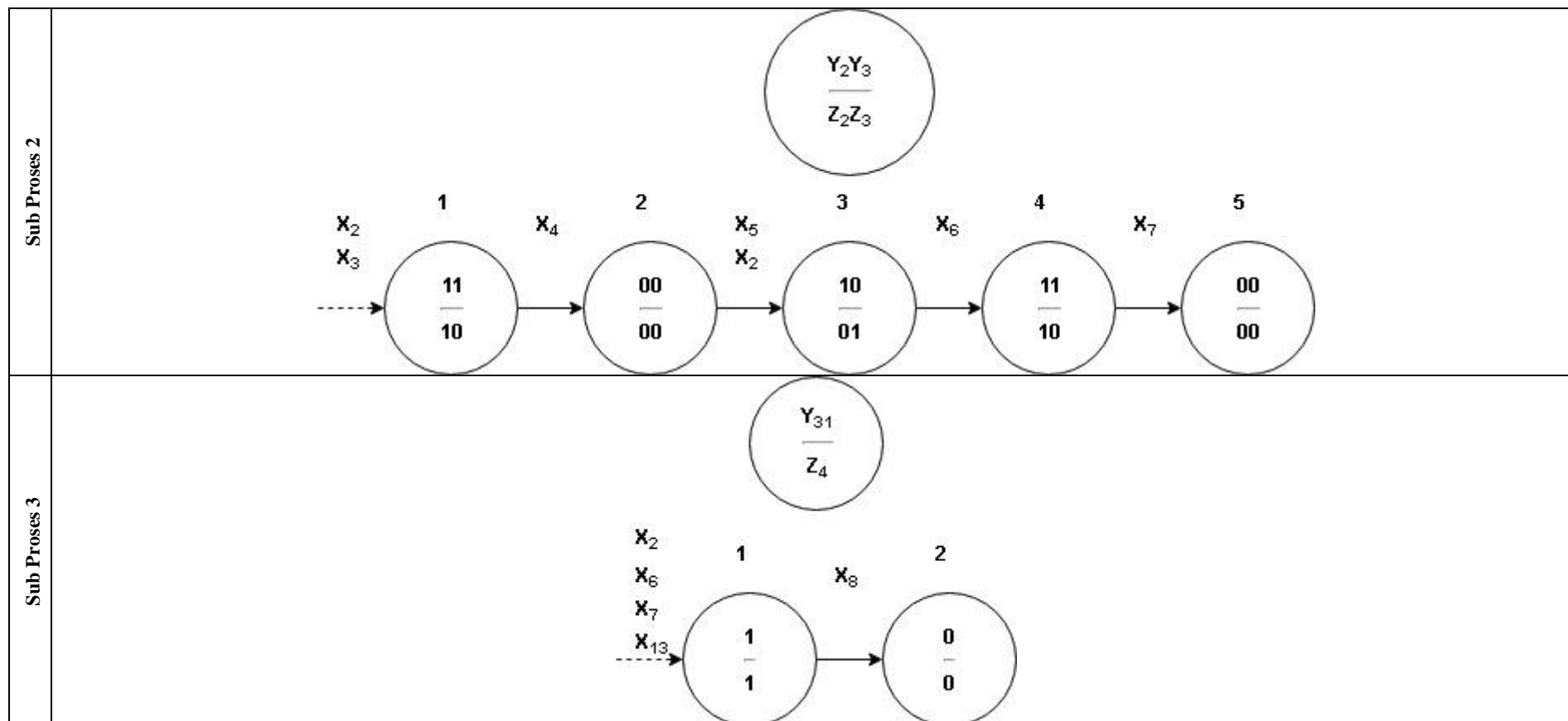
Row	Inputs $X_8X_9X_{12}X_{13}X_{68}X_{69}X_{70}X_{71}X_{72}$							Outputs $Z_5Z_6Z_{49}\overline{Z_5}$				System's		
	111010000	100001000	000000100	001000001	000000010	000000001	000100000	Z_5	Z_6	Z_{49}	$\overline{Z_5}$	Y_{25}	Y_{26}	Y_{27}
1	1	2	-	-	-	-	-	1	0	0	0	1	1	1
2	-	2	3	-	-	-	-	0	1	0	0	1	1	0
3,5,7	-	-	3	4	5	6	7	0	0	0	0	0	0	0
4	-	-	-	4	5	-	-	0	0	1	0	1	0	1
6	-	-	-	-	-	6	7	0	0	0	1	1	0	0

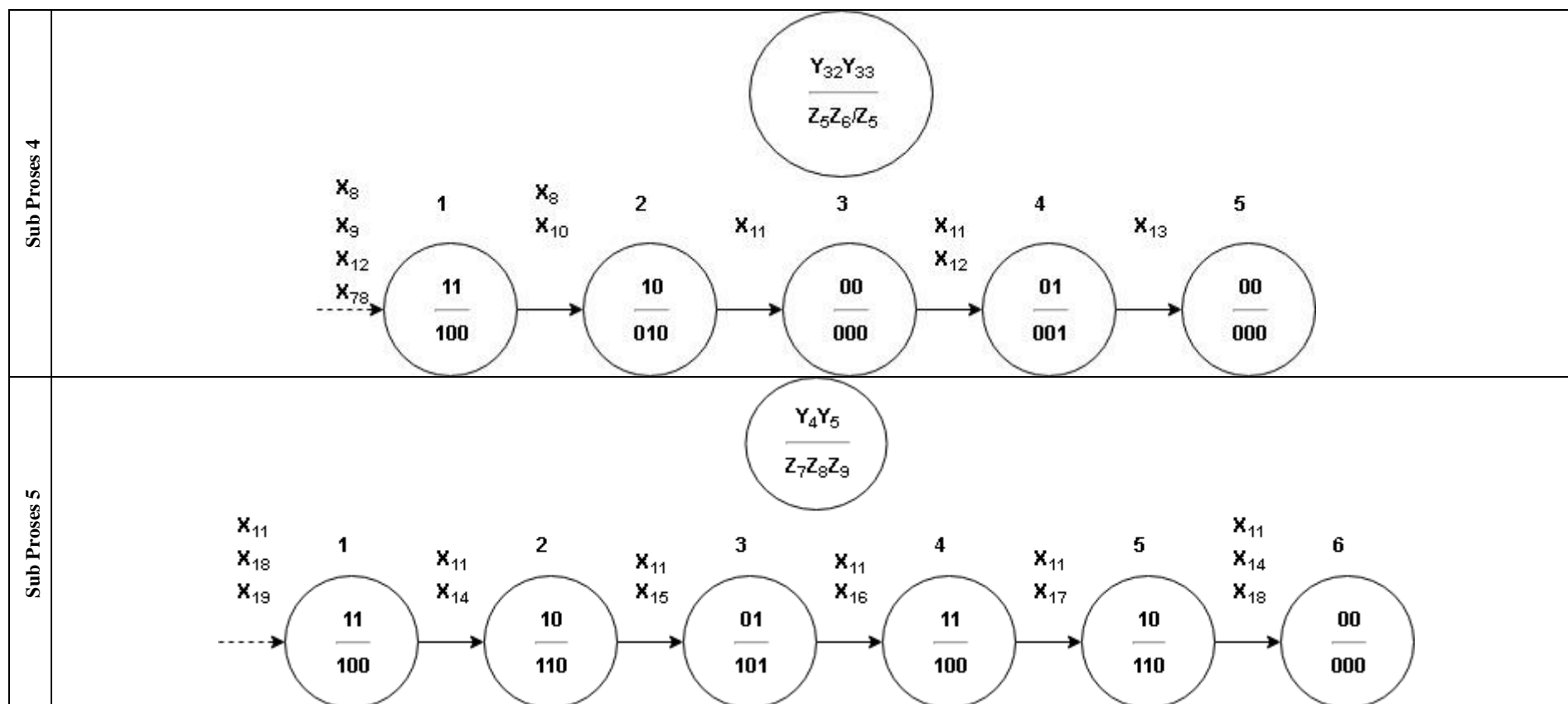
Tabel C14*Merged Flow Table Sub Proses 14*

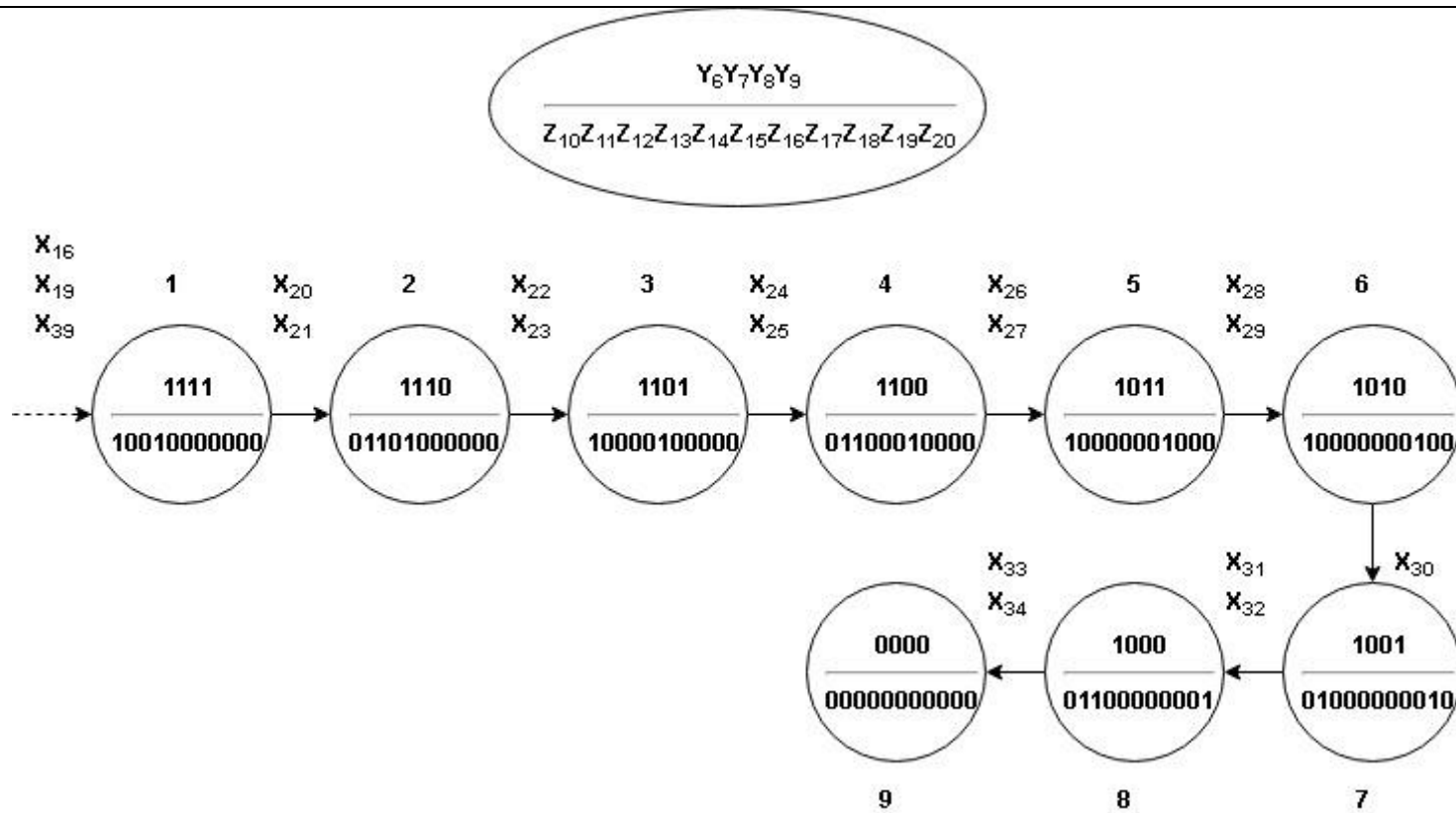
Row	Inputs $X_{17}X_{37}X_{42}X_{43}X_{73}X_{74}X_{75}X_{76}X_{77}$							Outputs $Z_{23}Z_{24}Z_{50}\overline{Z_{23}}$				System's		
	111010000	010001000	000000100	001000001	000000010	000000001	000100000	Z_{23}	Z_{24}	Z_{50}	$\overline{Z_{23}}$	Y_{28}	Y_{29}	Y_{30}
1	1	2	-	-	-	-	-	1	0	0	0	1	1	1
2	-	2	3	-	-	-	-	0	1	0	0	1	1	0
3,5,7	-	-	3	4	5	6	7	0	0	0	0	0	0	0
4	-	-	-	4	5	-	-	0	0	1	0	1	0	1
6	-	-	-	-	-	6	7	0	0	0	1	1	0	0

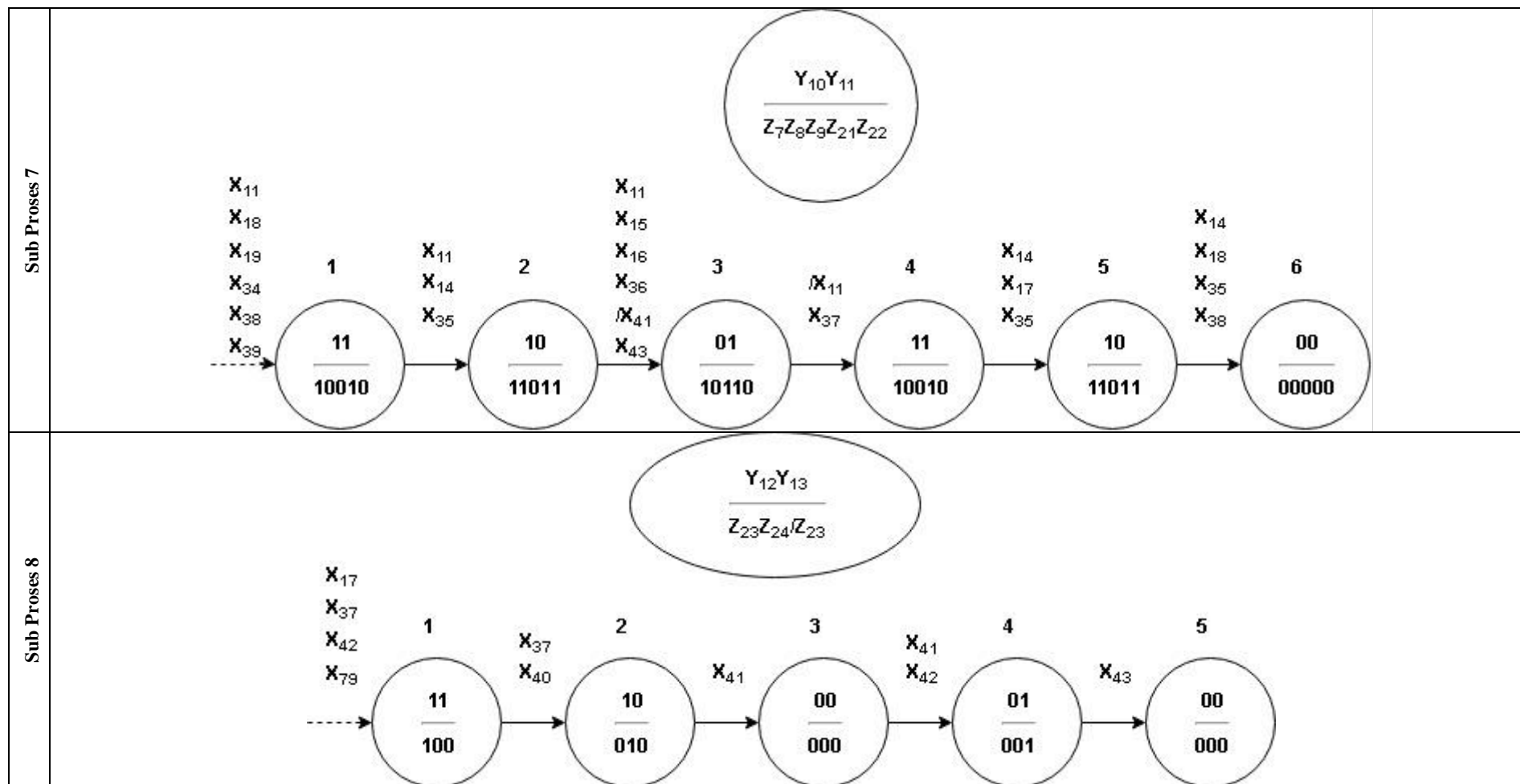
D. State Diagram (R/O)

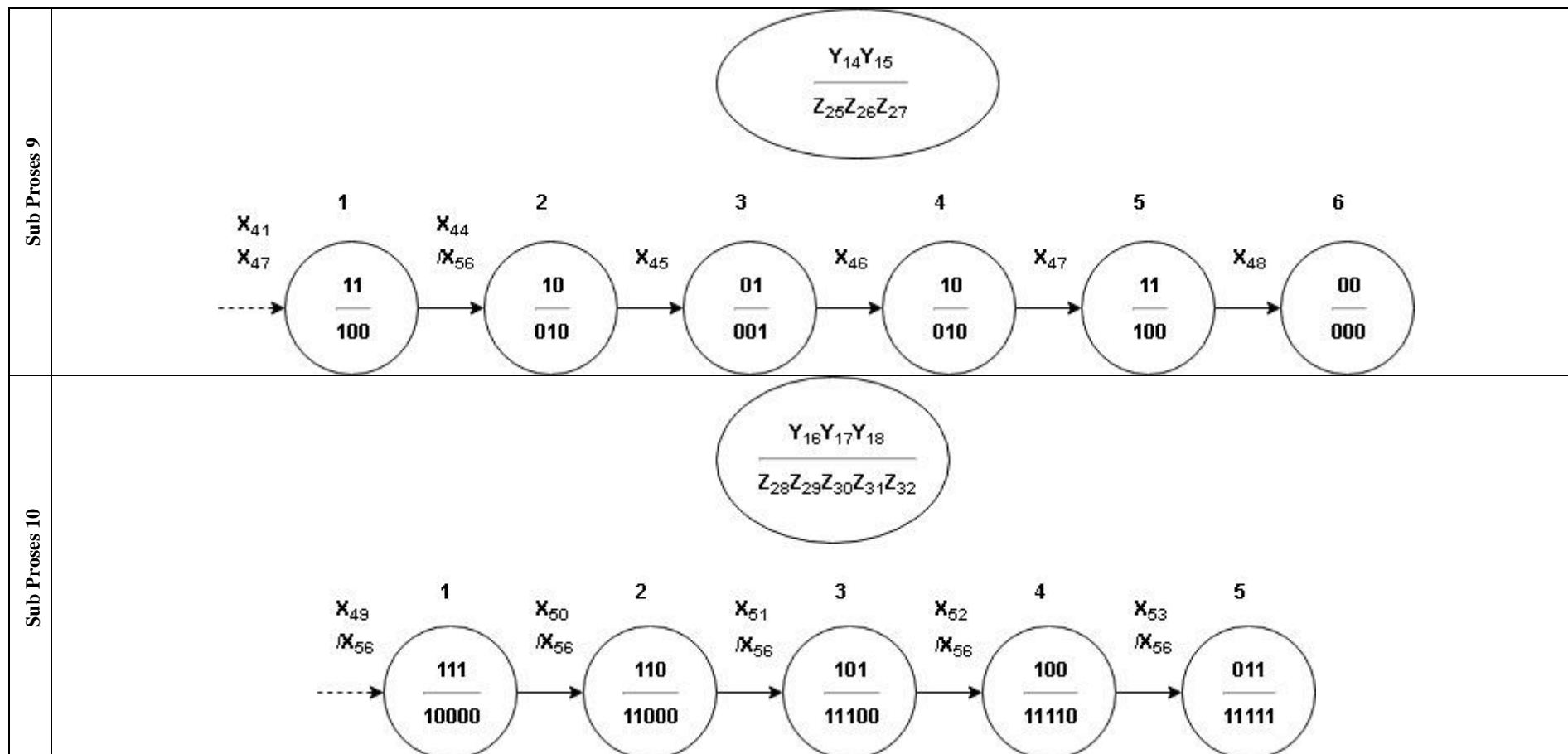


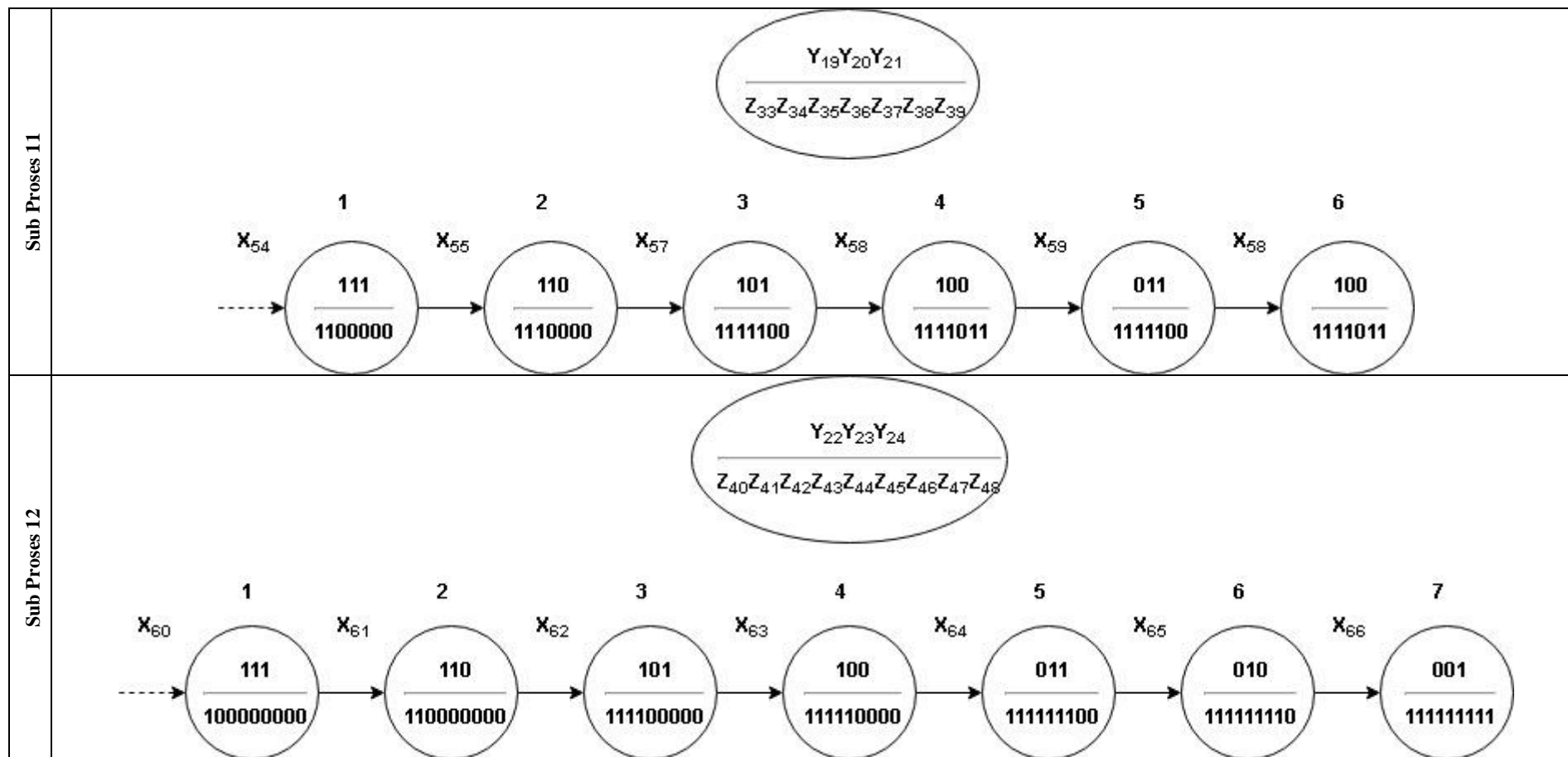


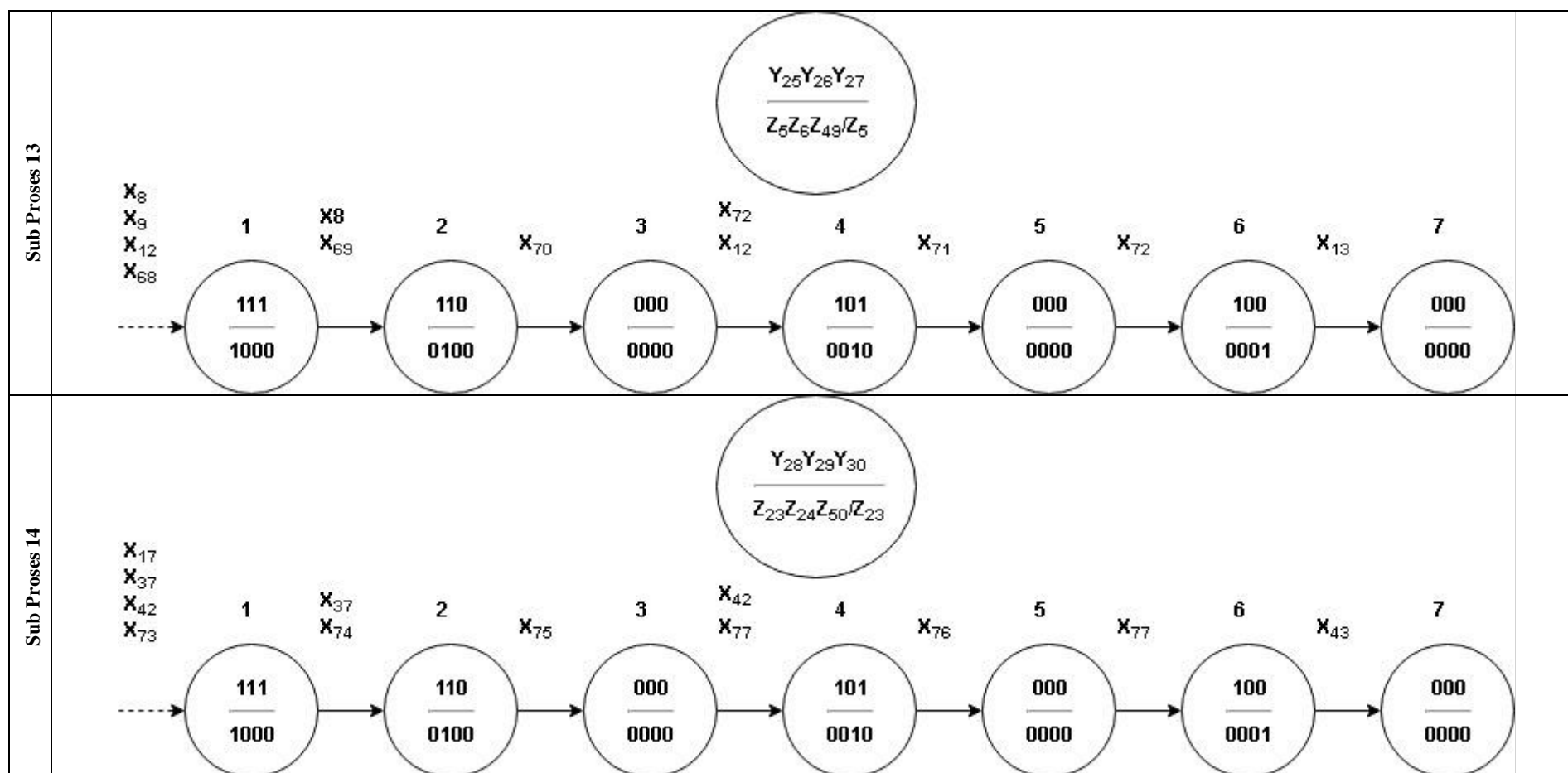




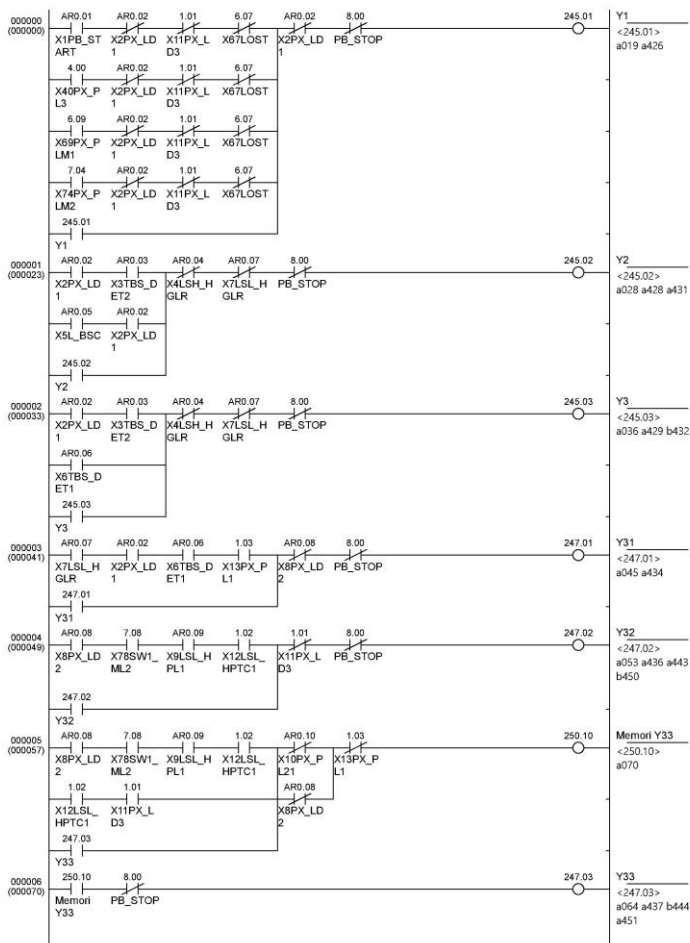


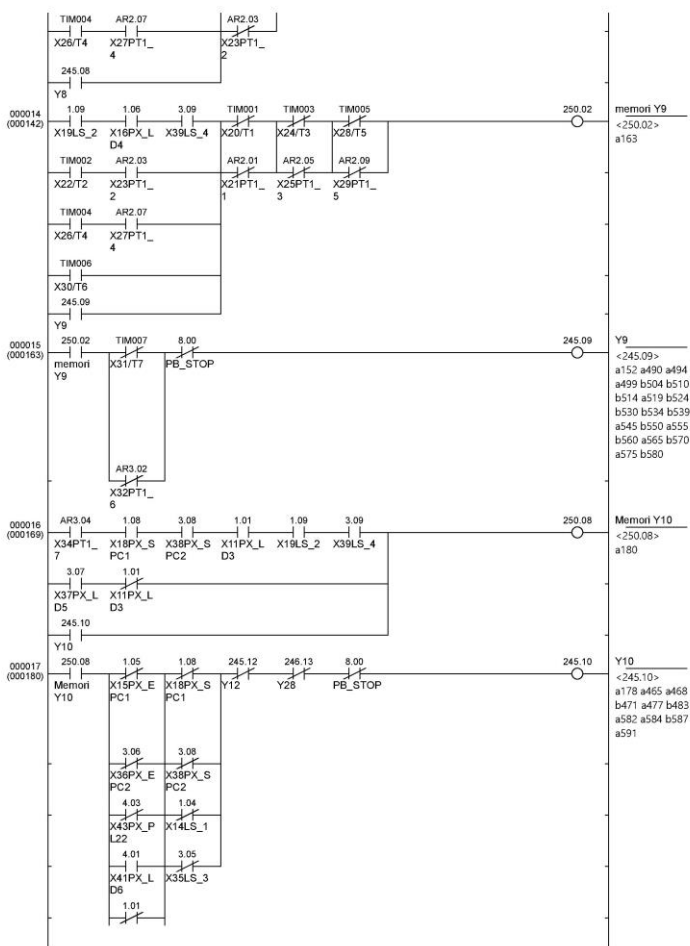


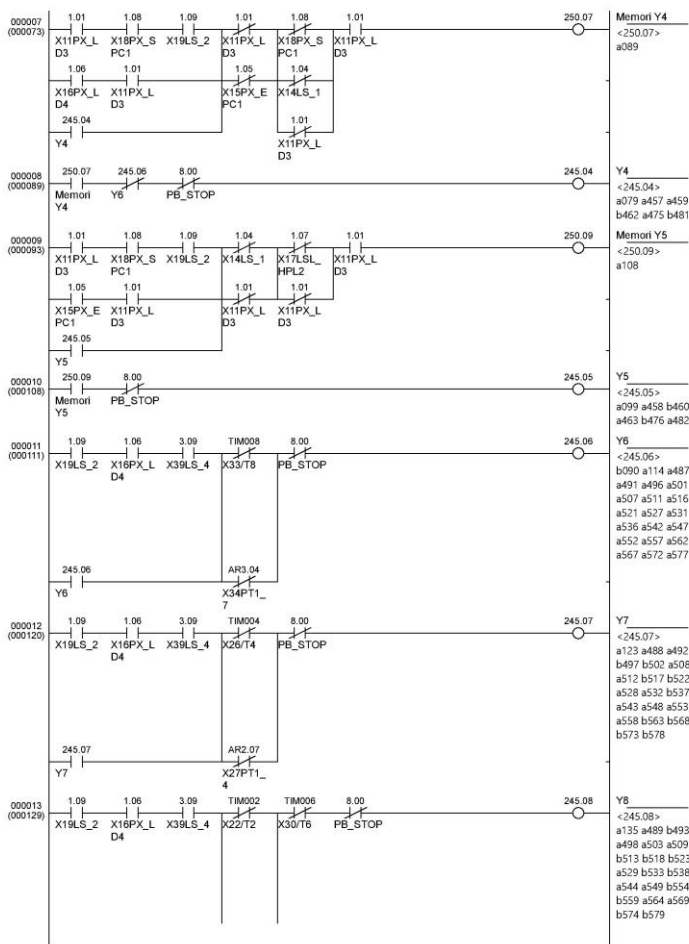


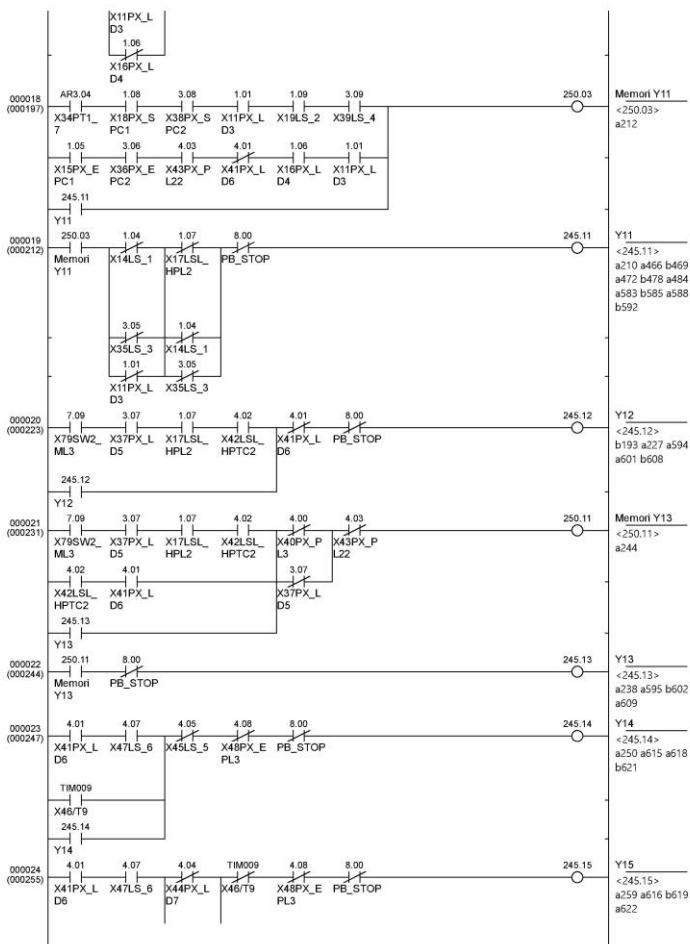


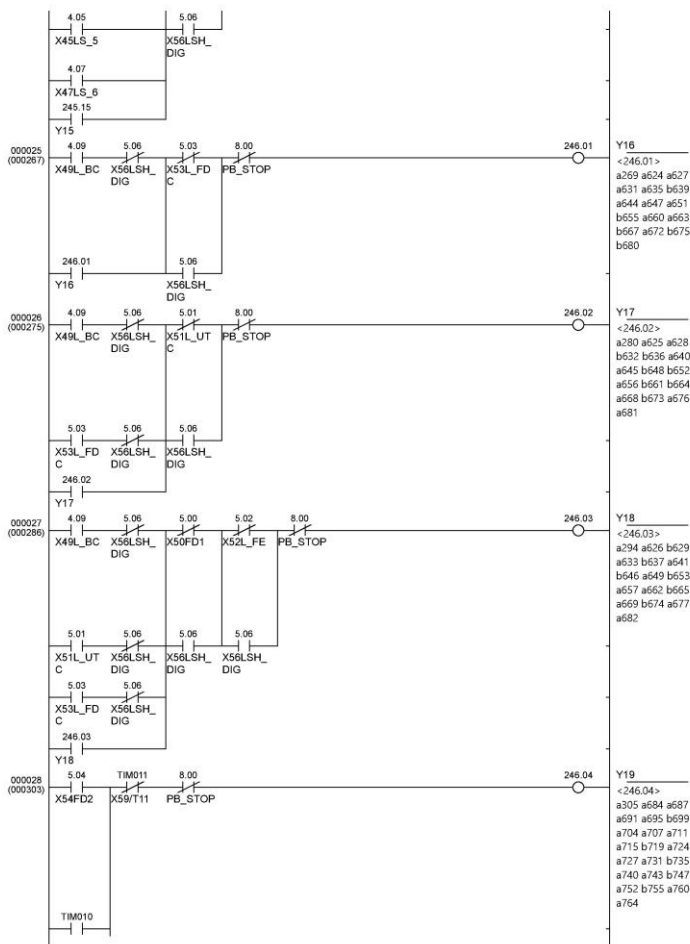
E. Ladder Diagram

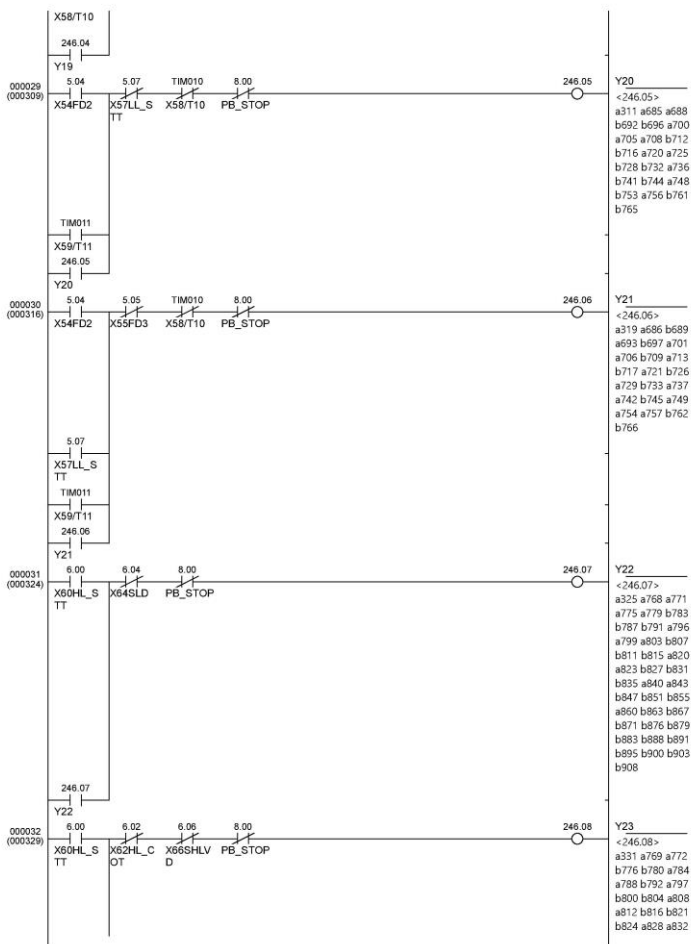


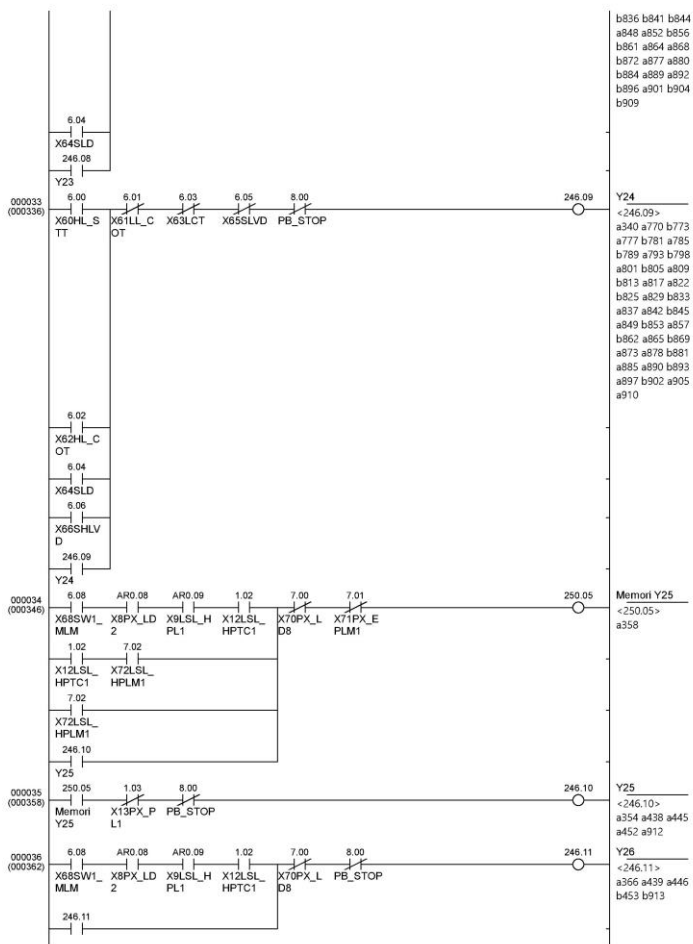


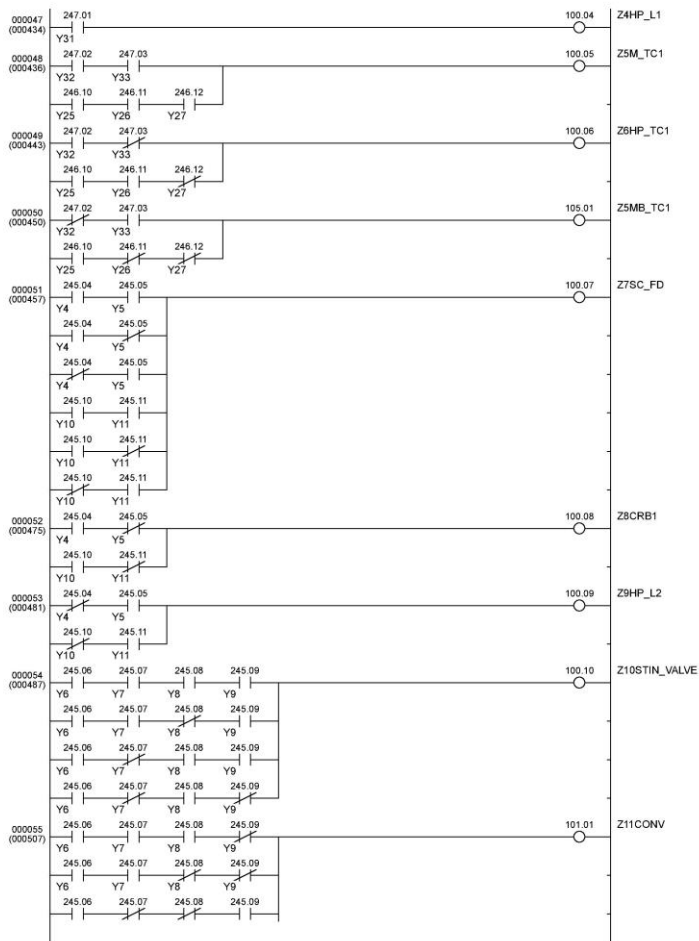


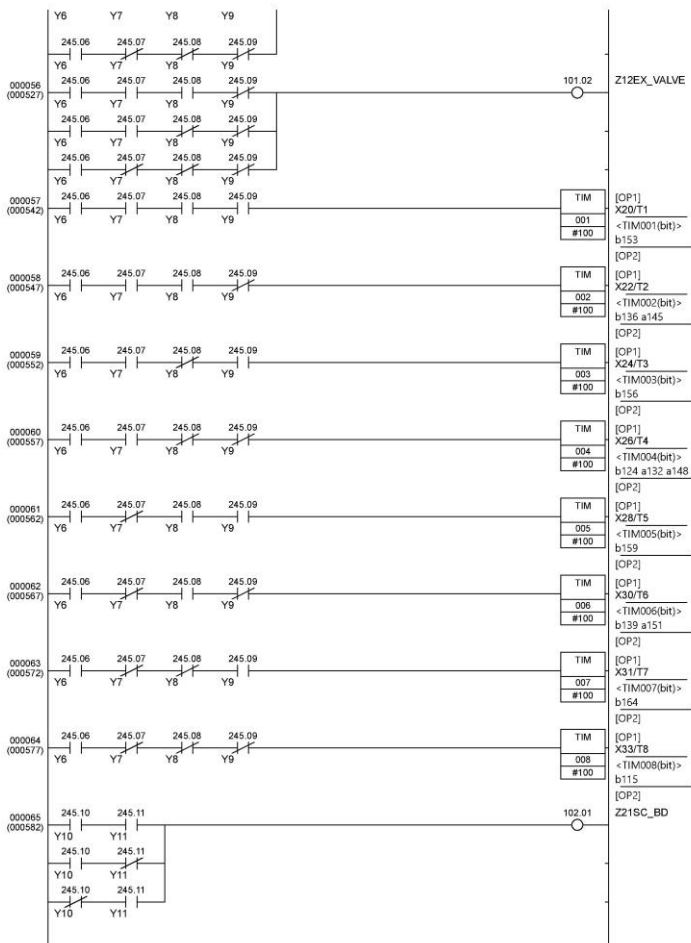


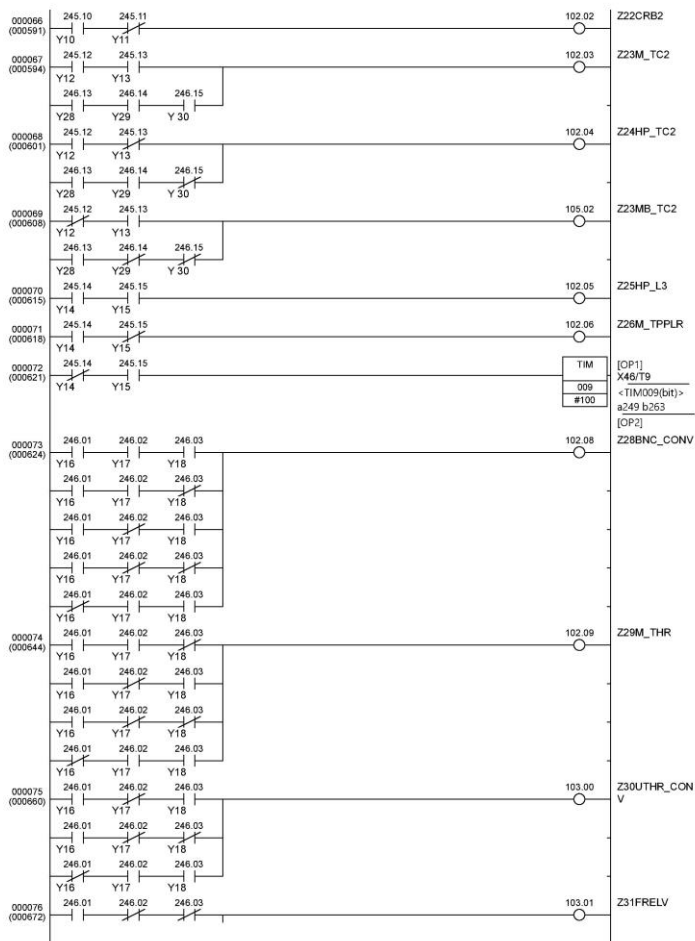


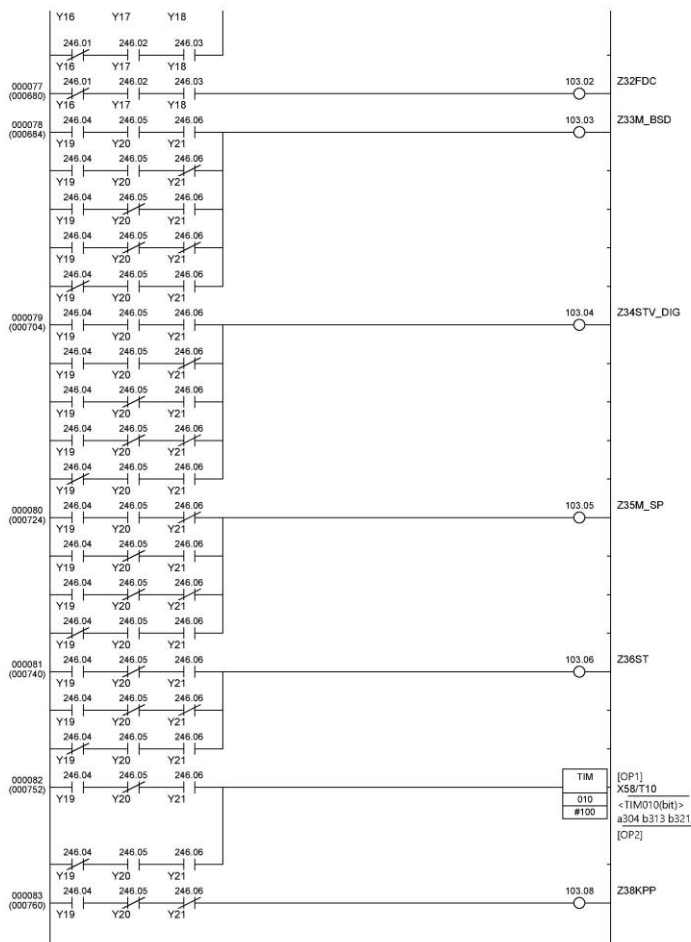


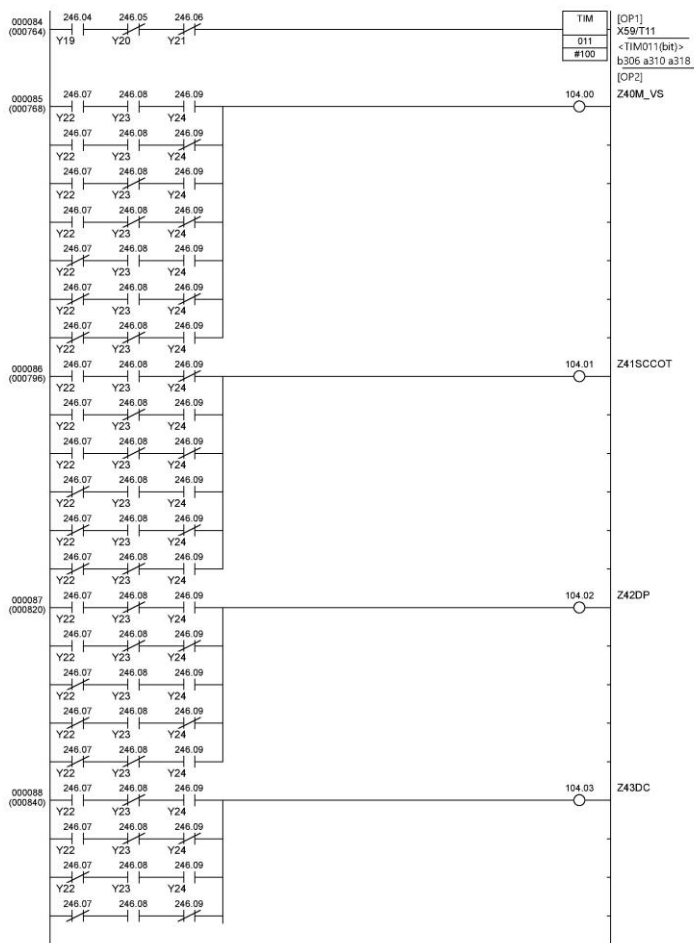


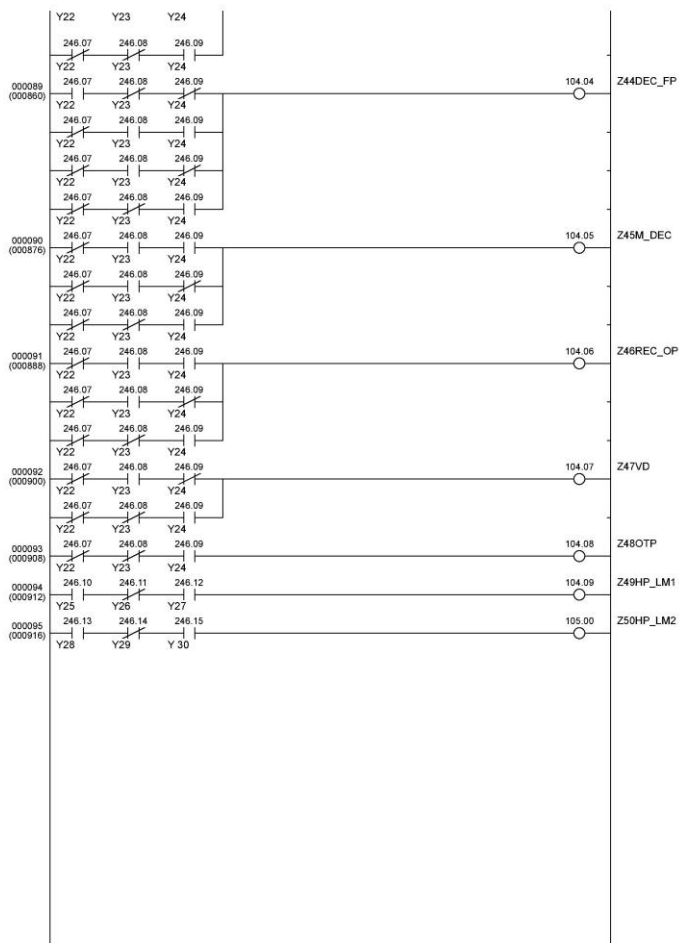






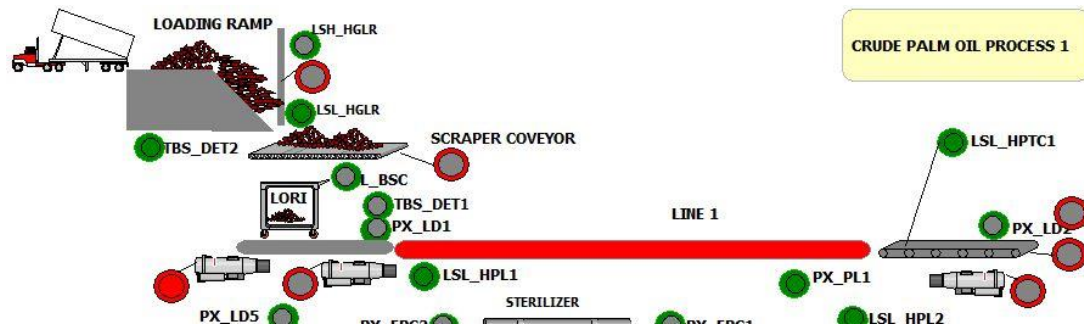




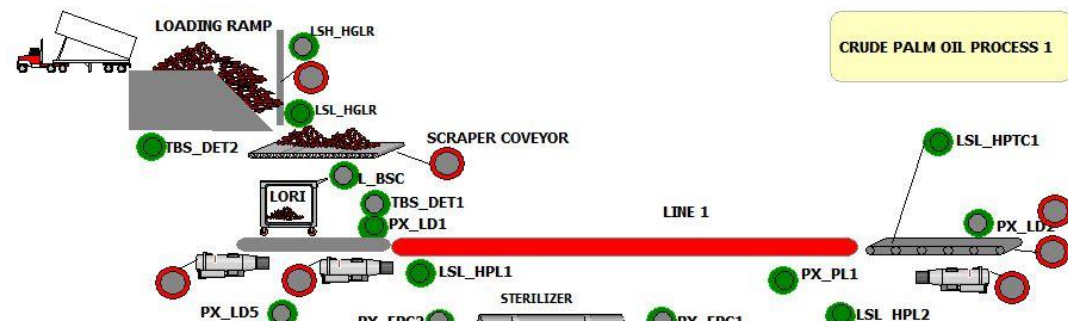


Sub Proses 1

Step 1

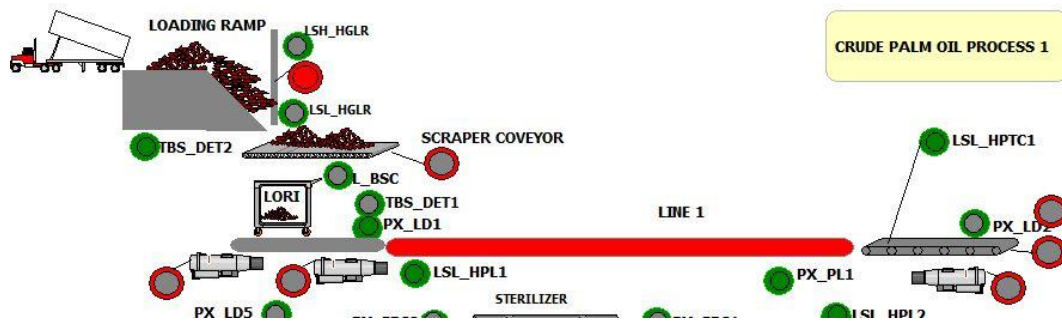


Step 2

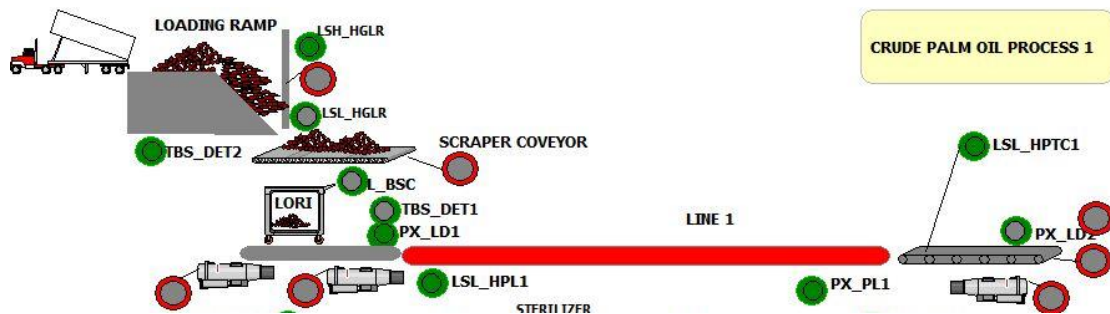


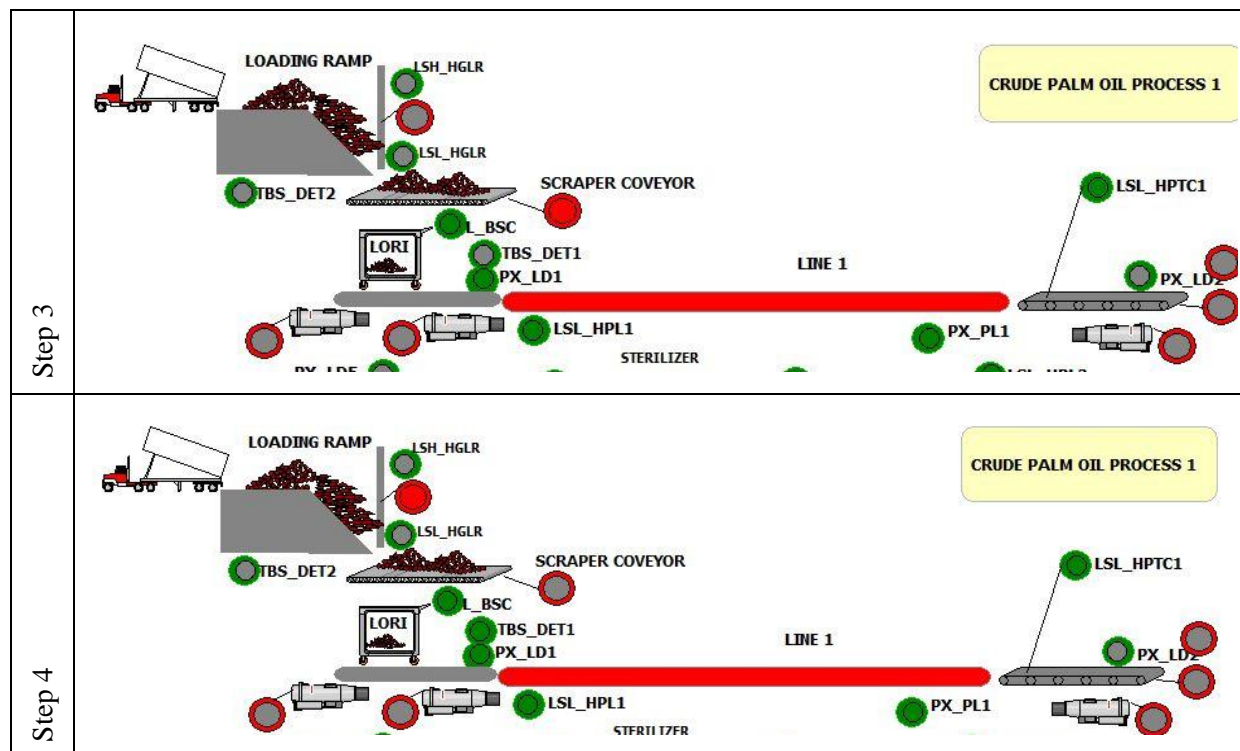
Sub Proses 2

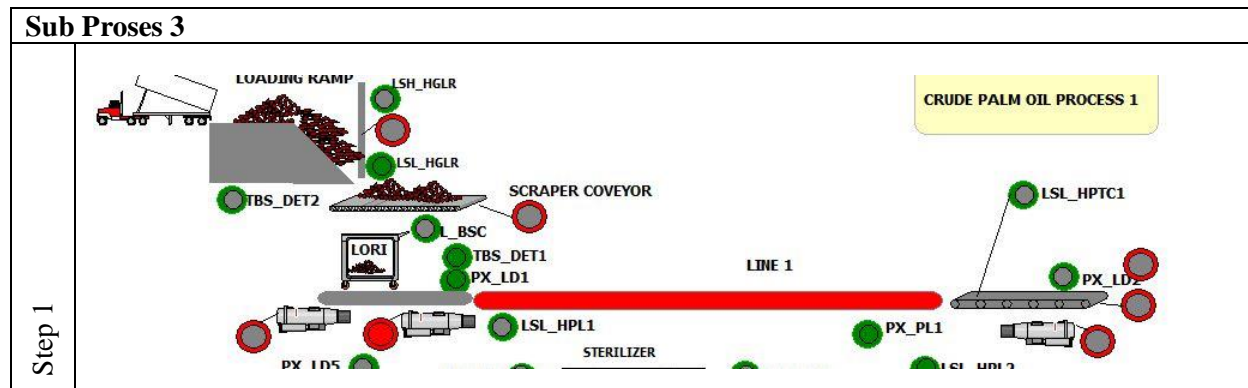
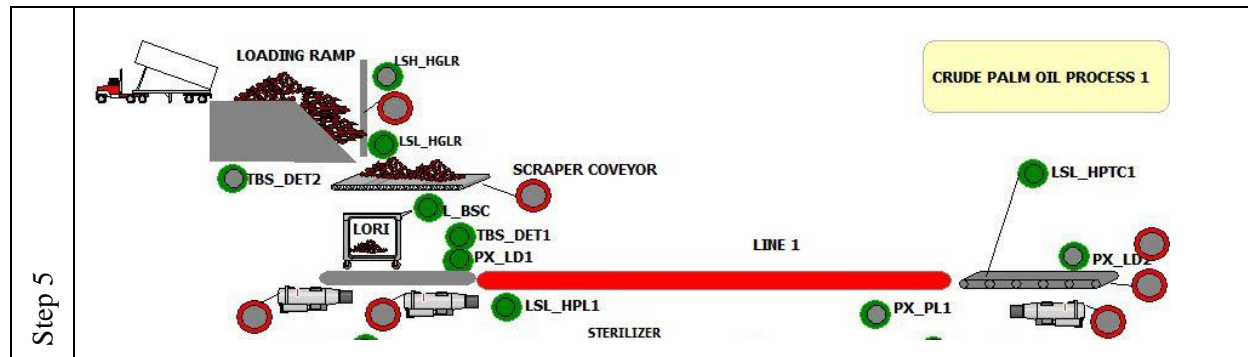
Step 1

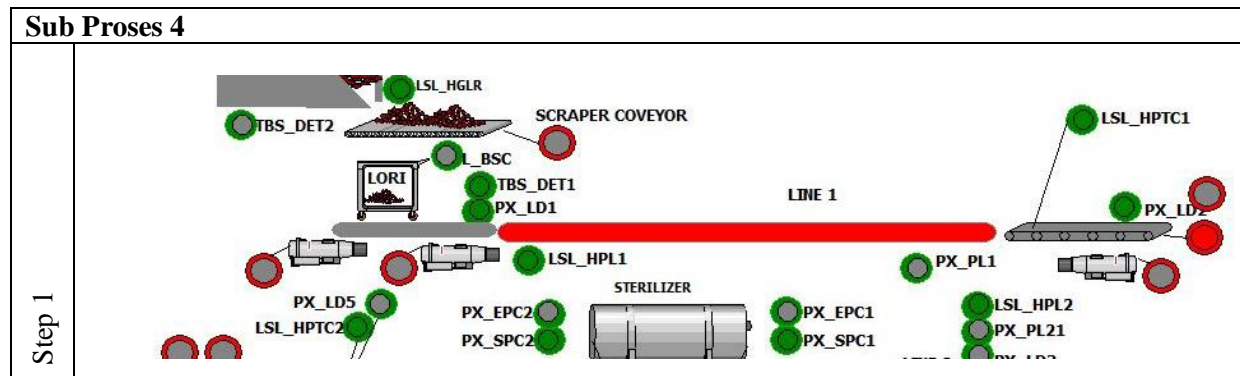
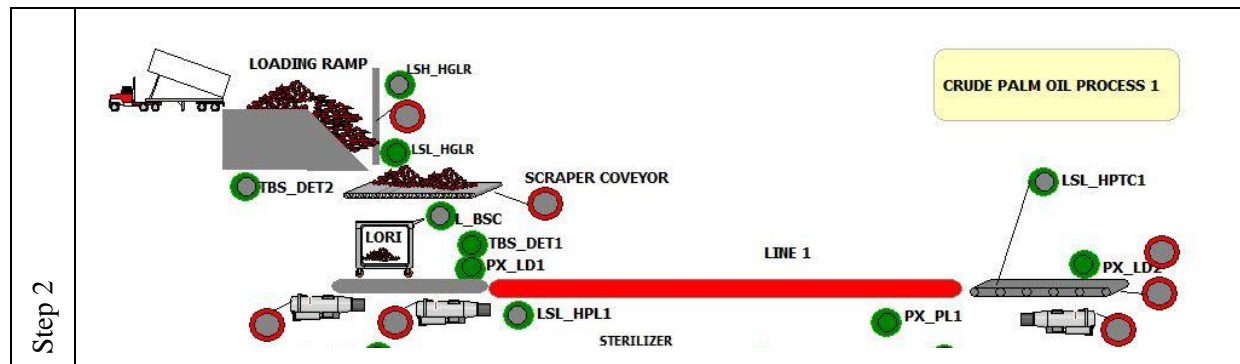


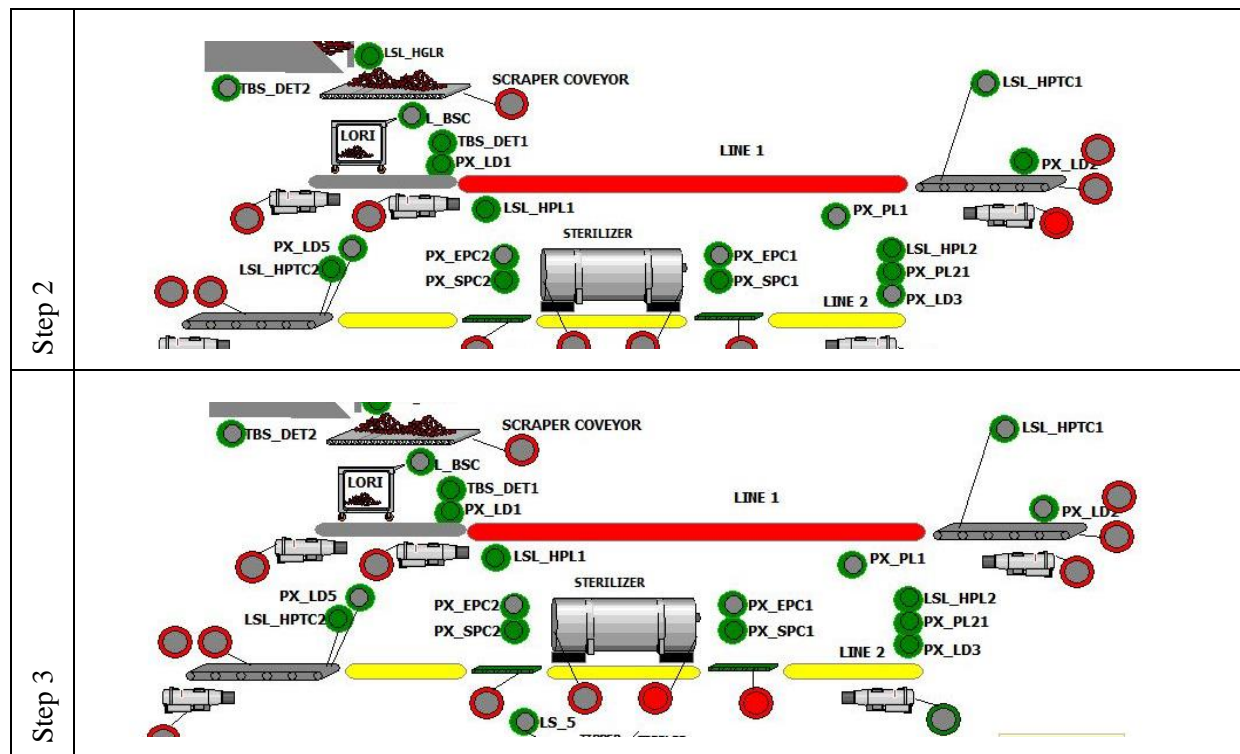
Step 2

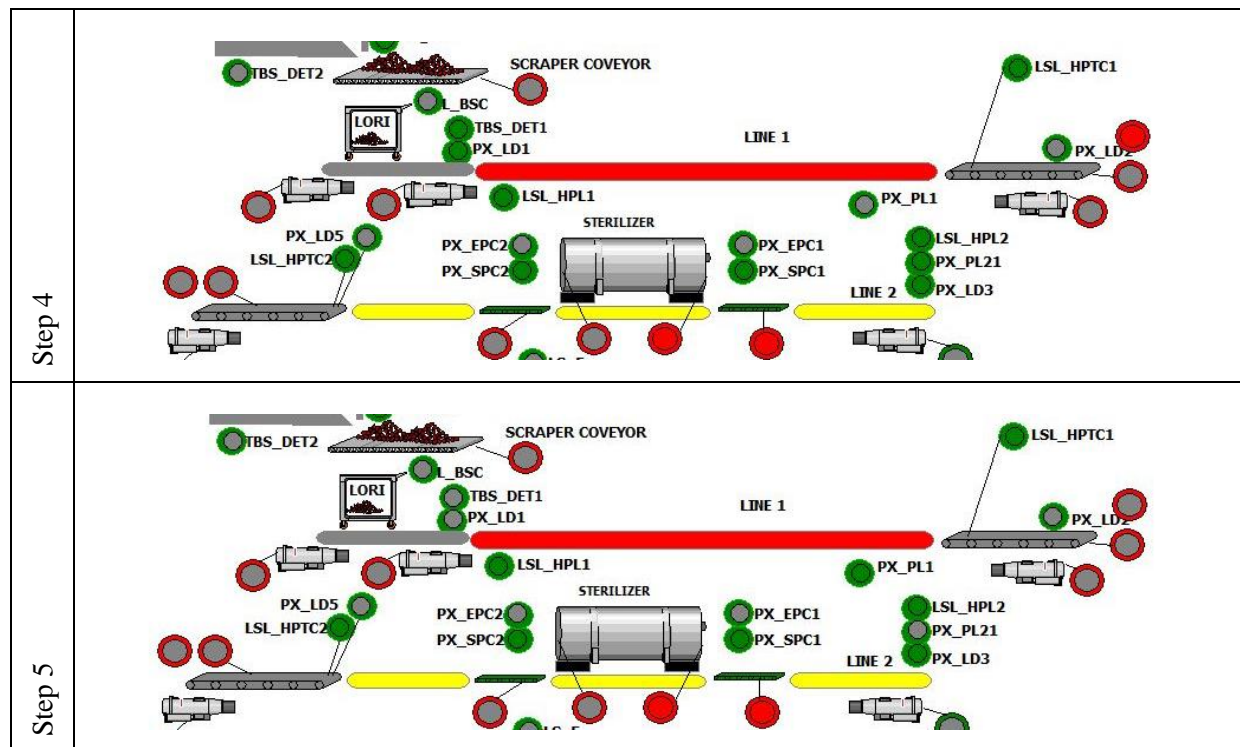






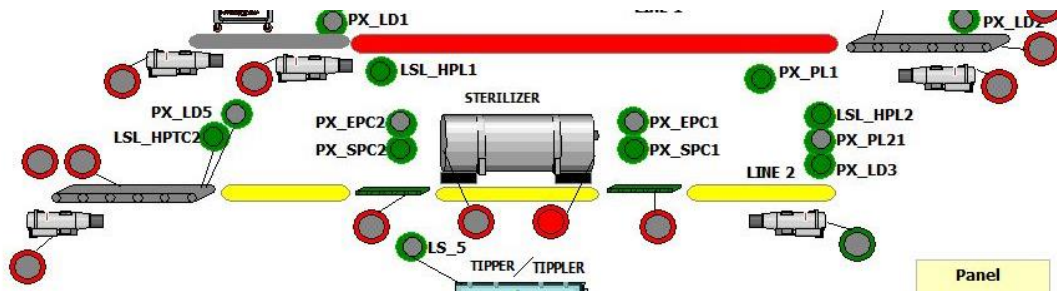




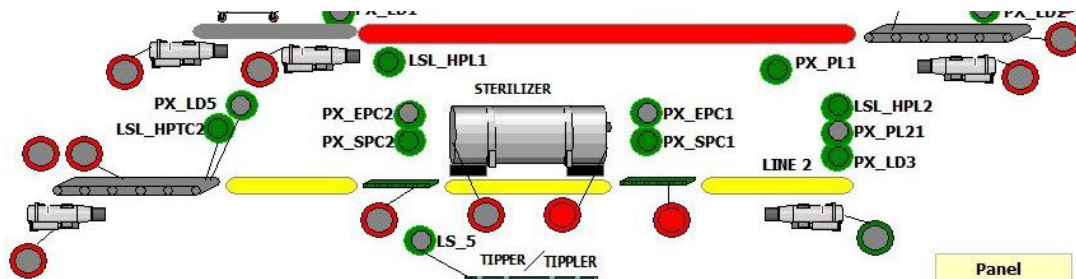


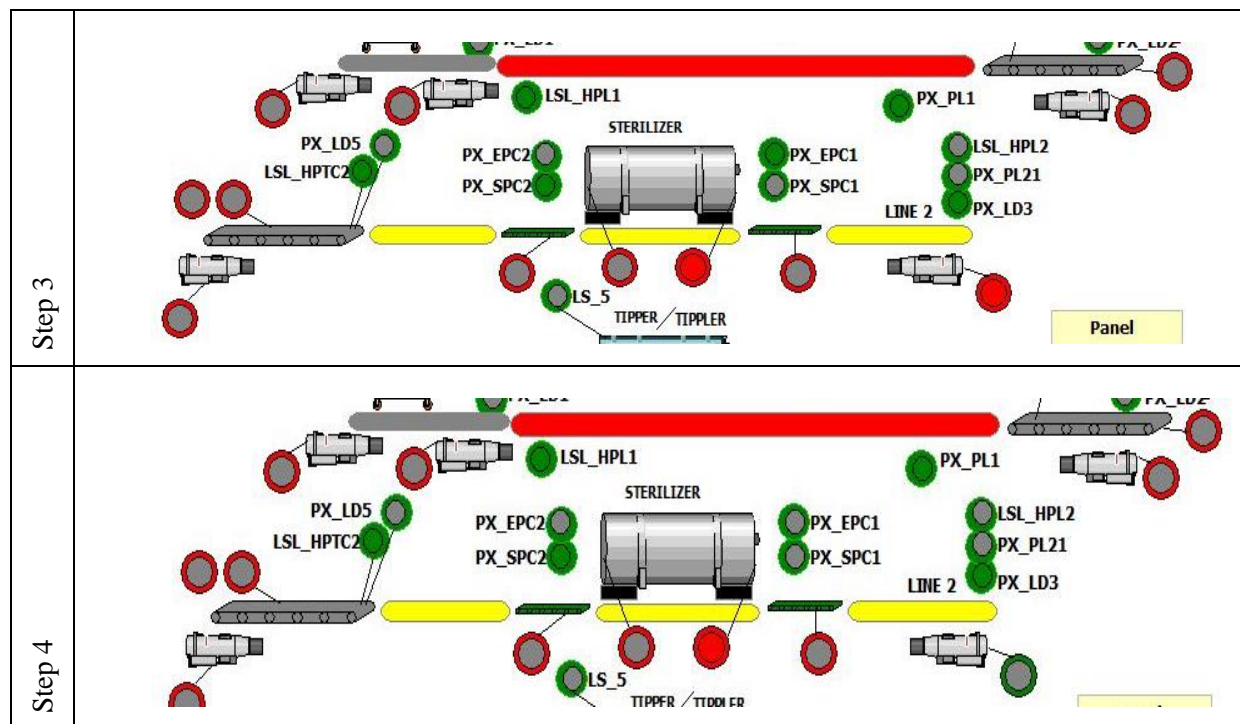
Sub Proses 5

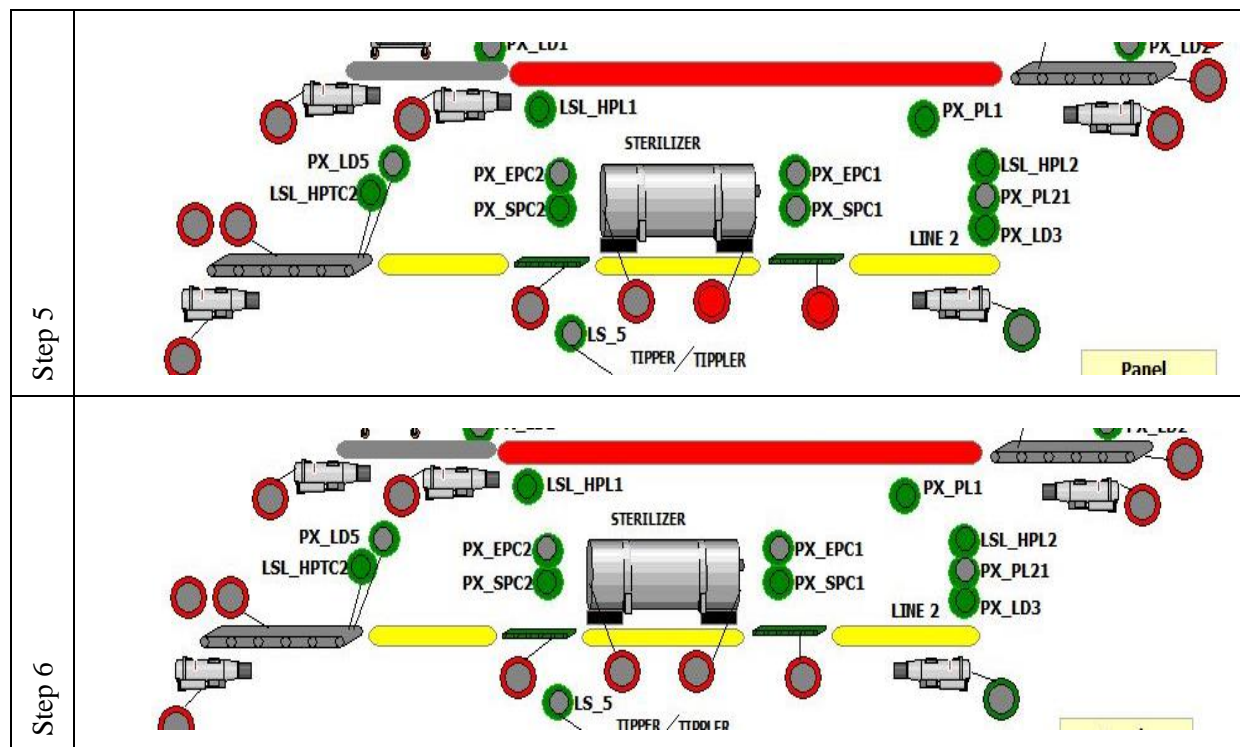
Step 1



Step 2

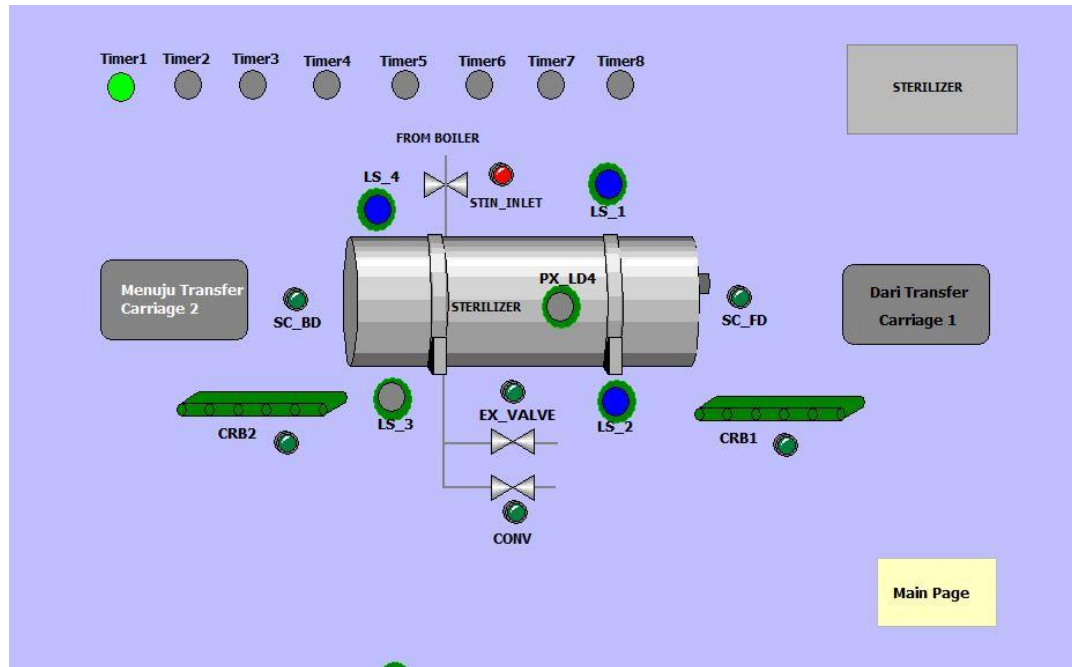


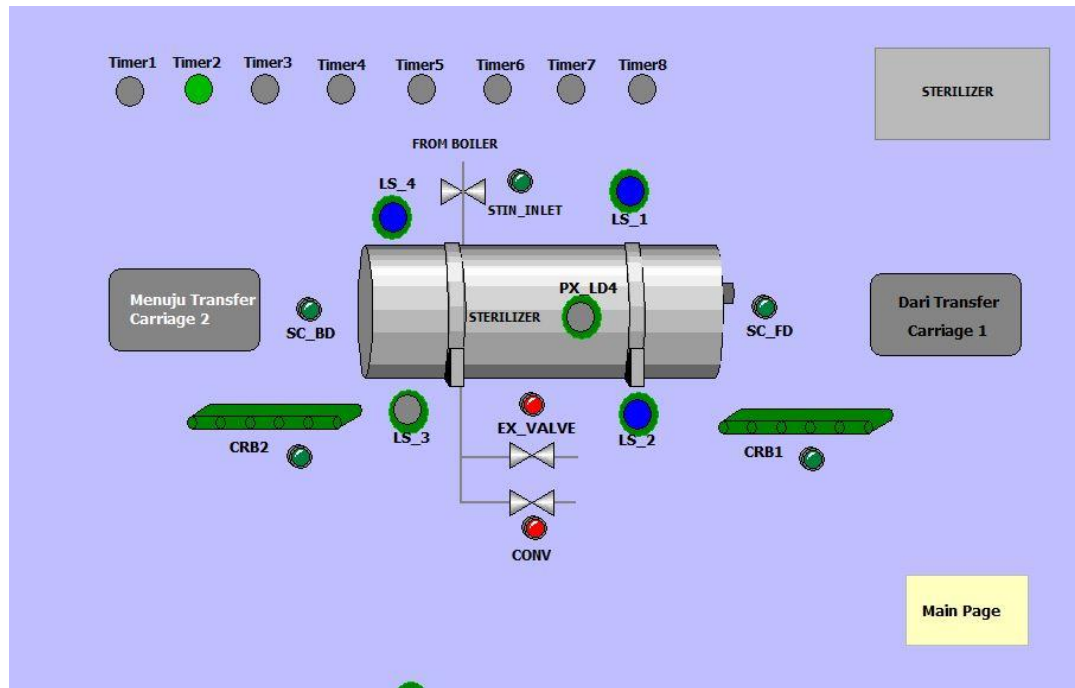


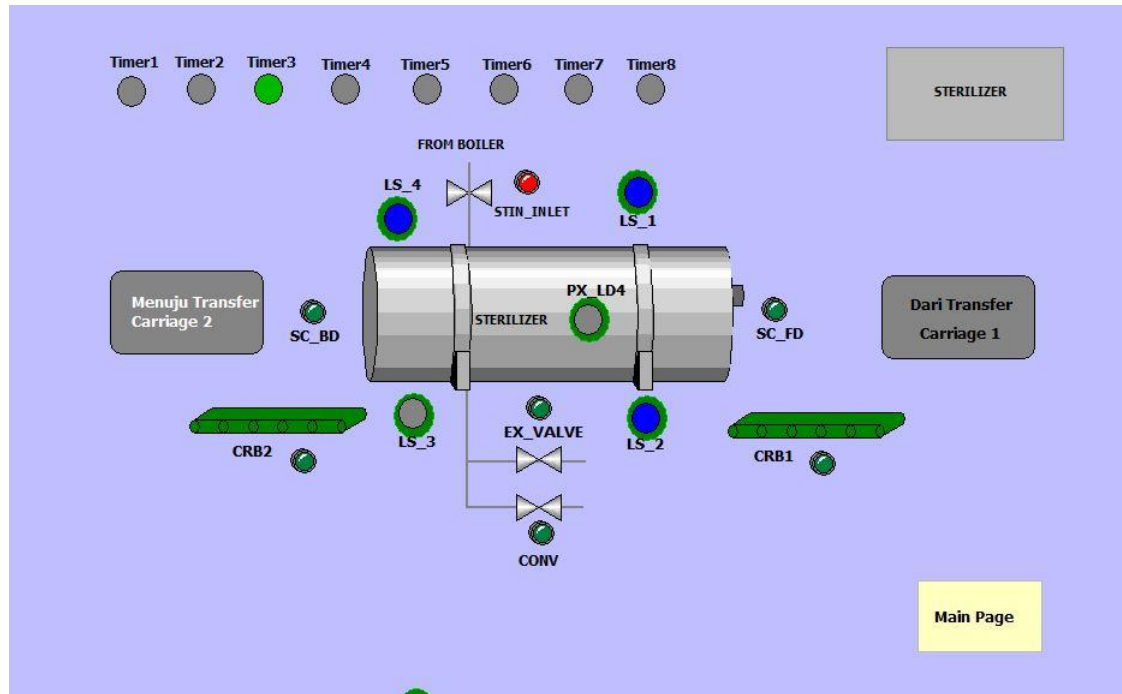


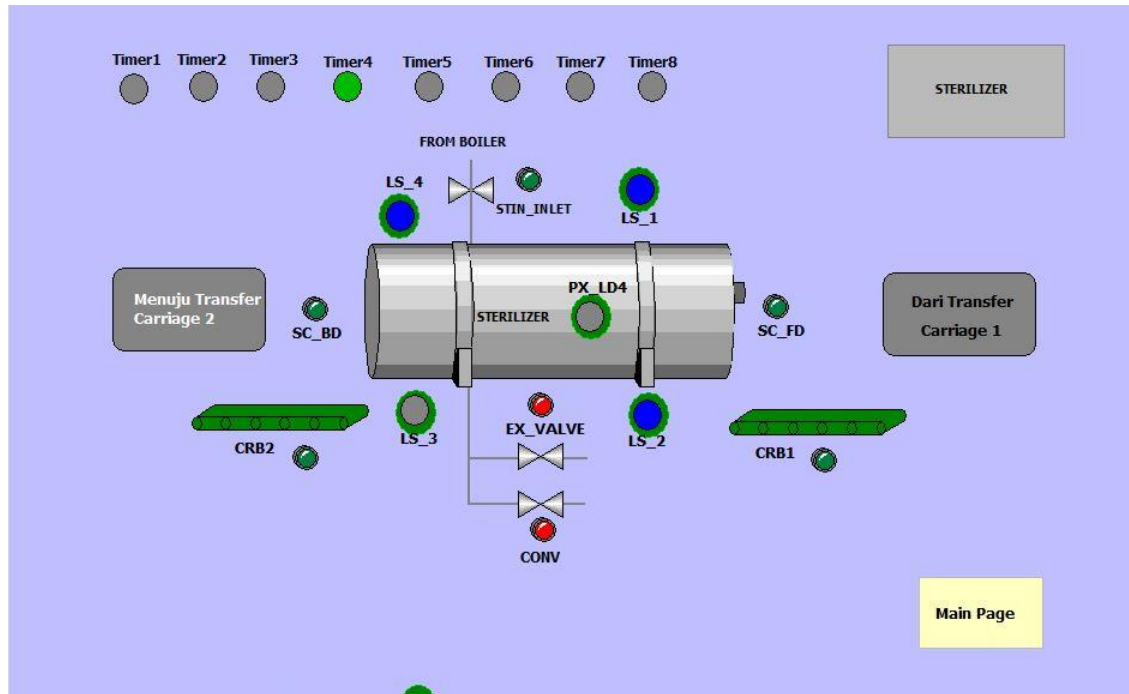
Sub Proses 6

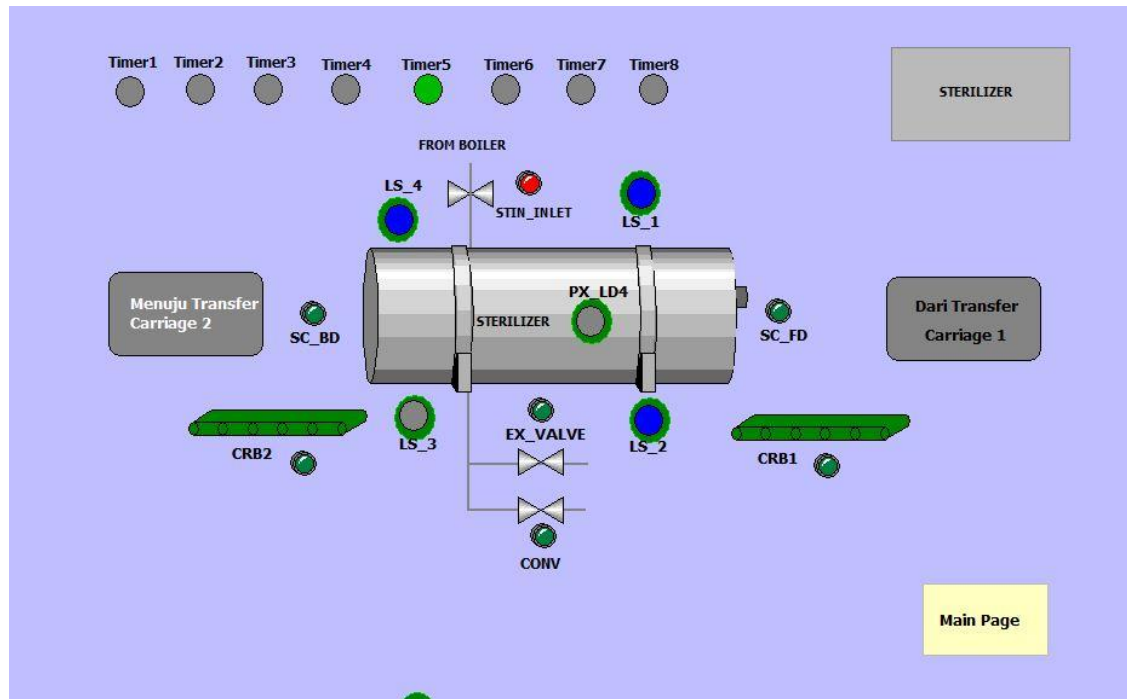
Step 1

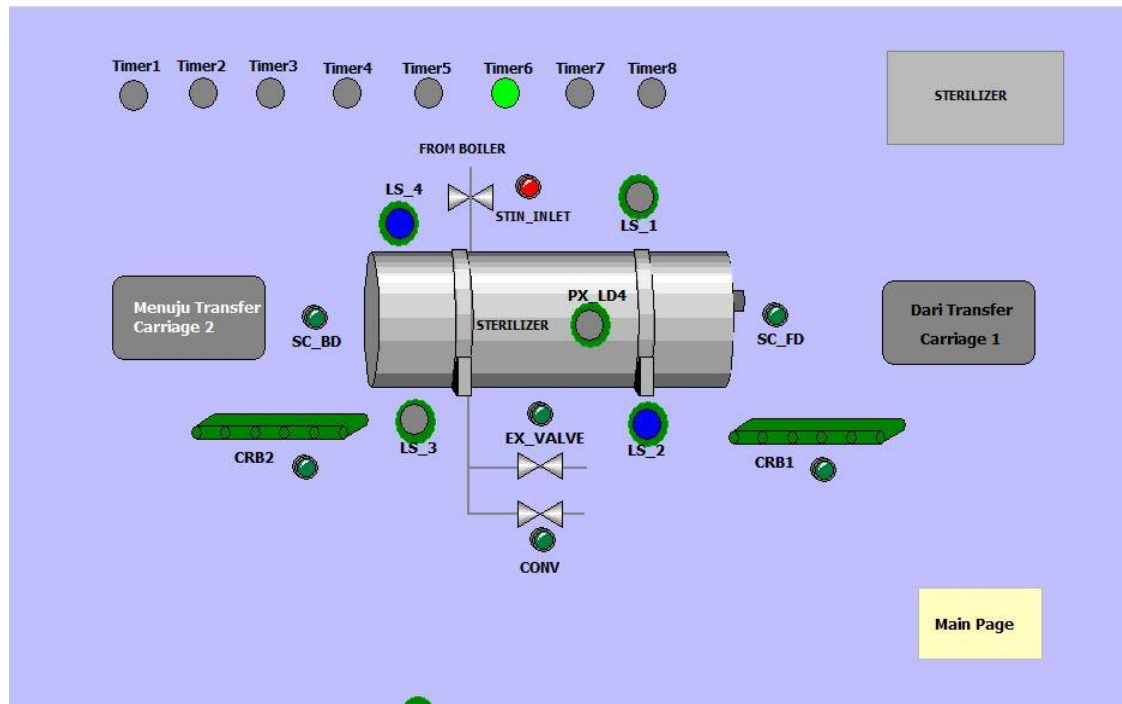


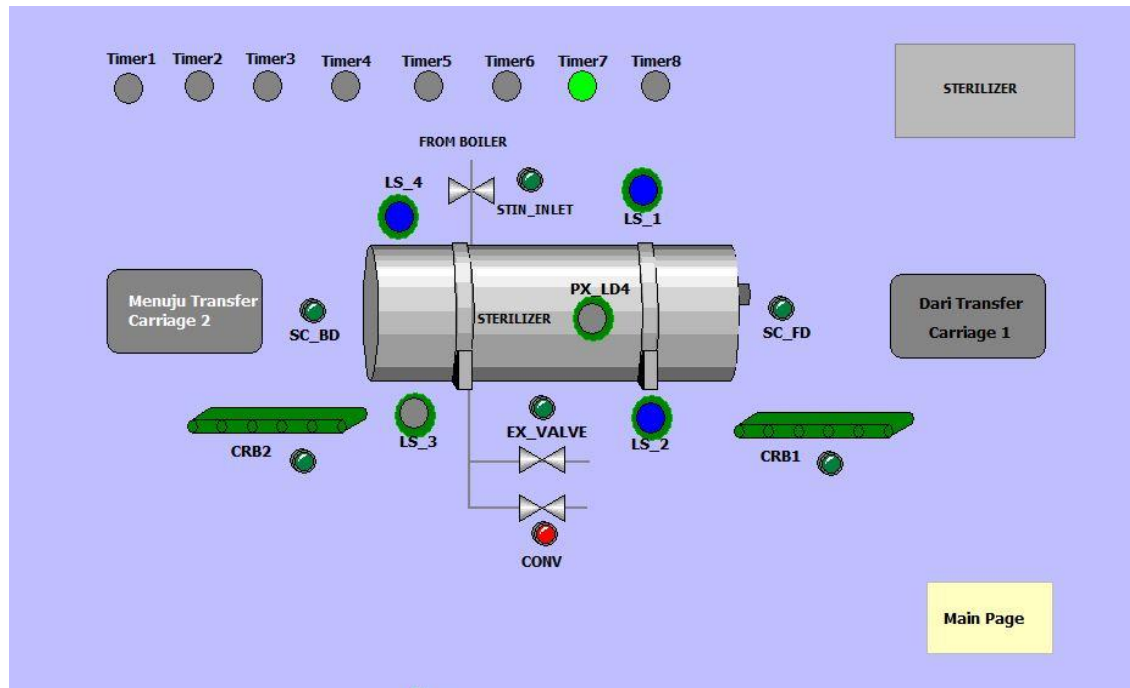


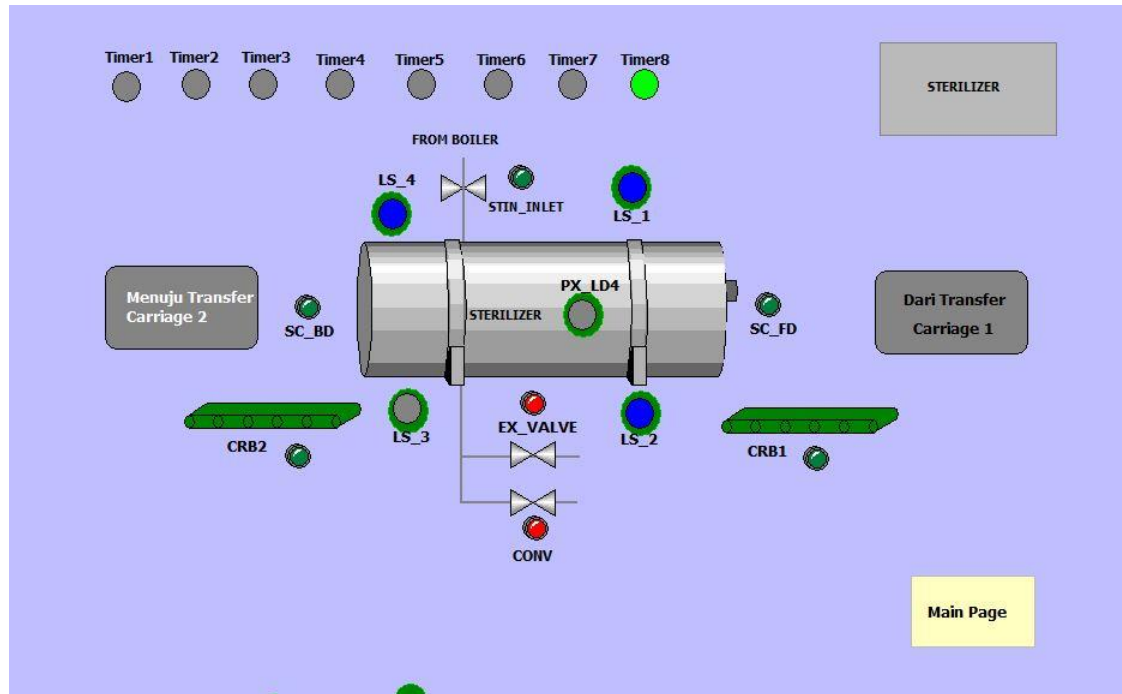


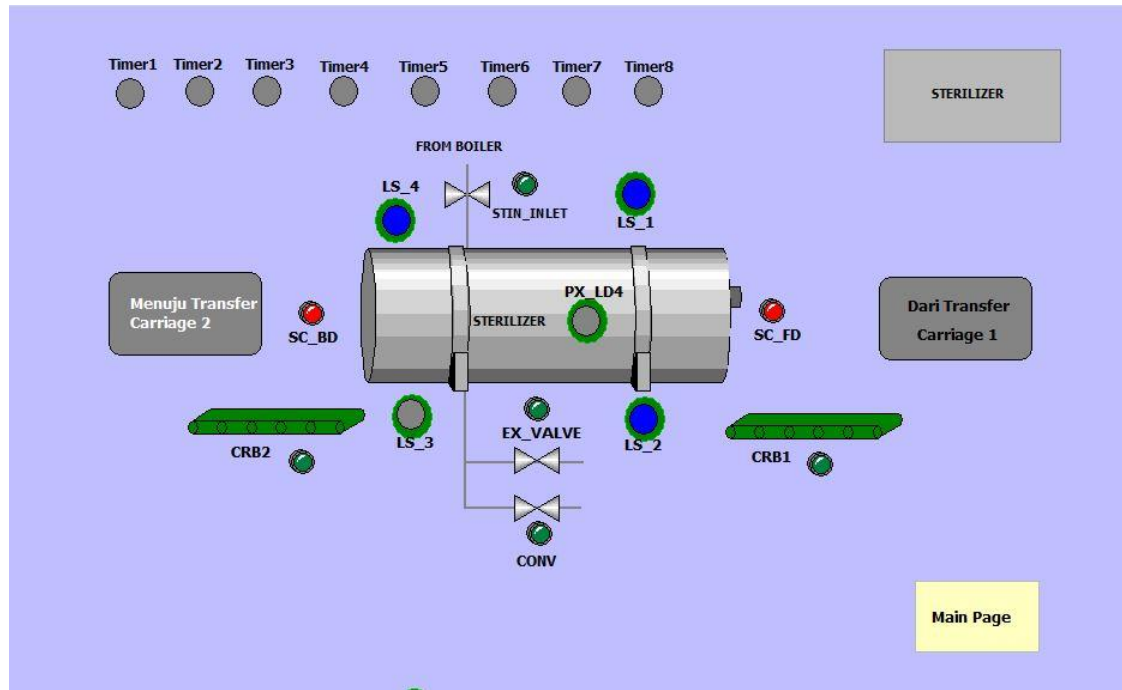






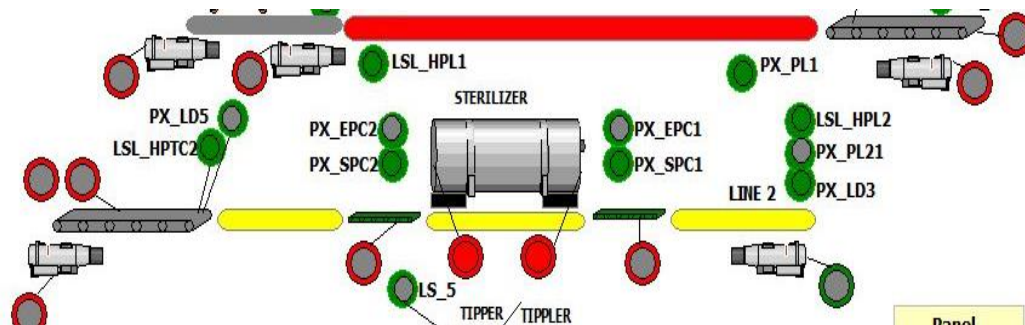




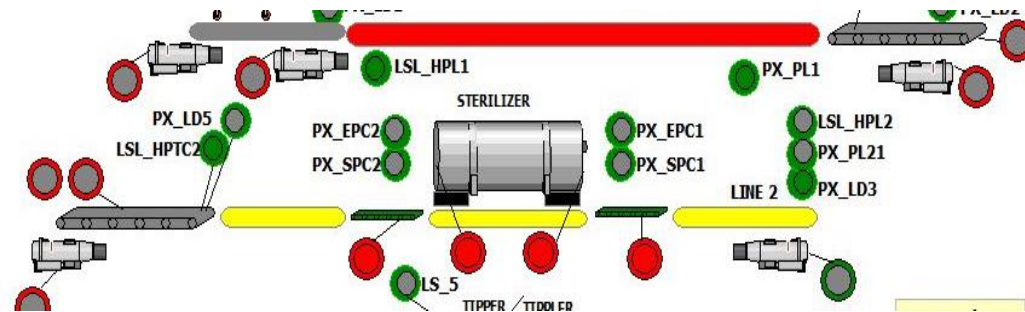


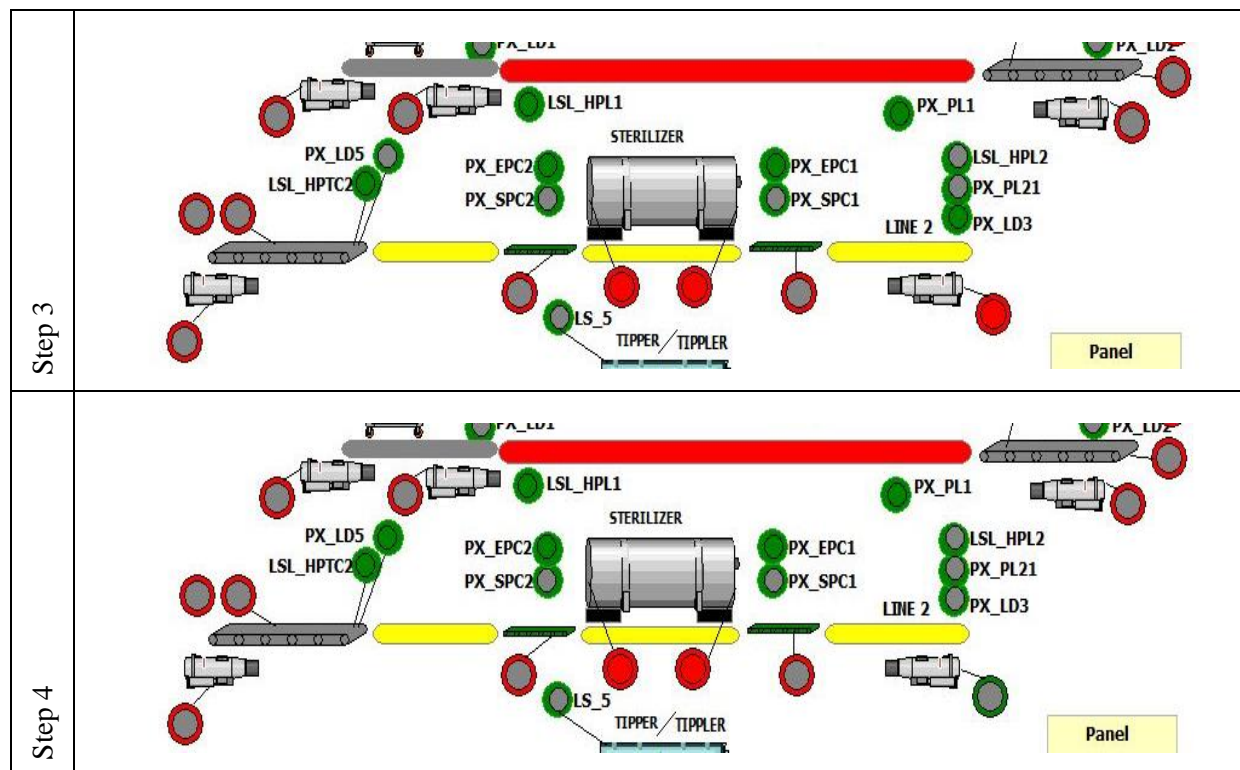
Sub Proses 7

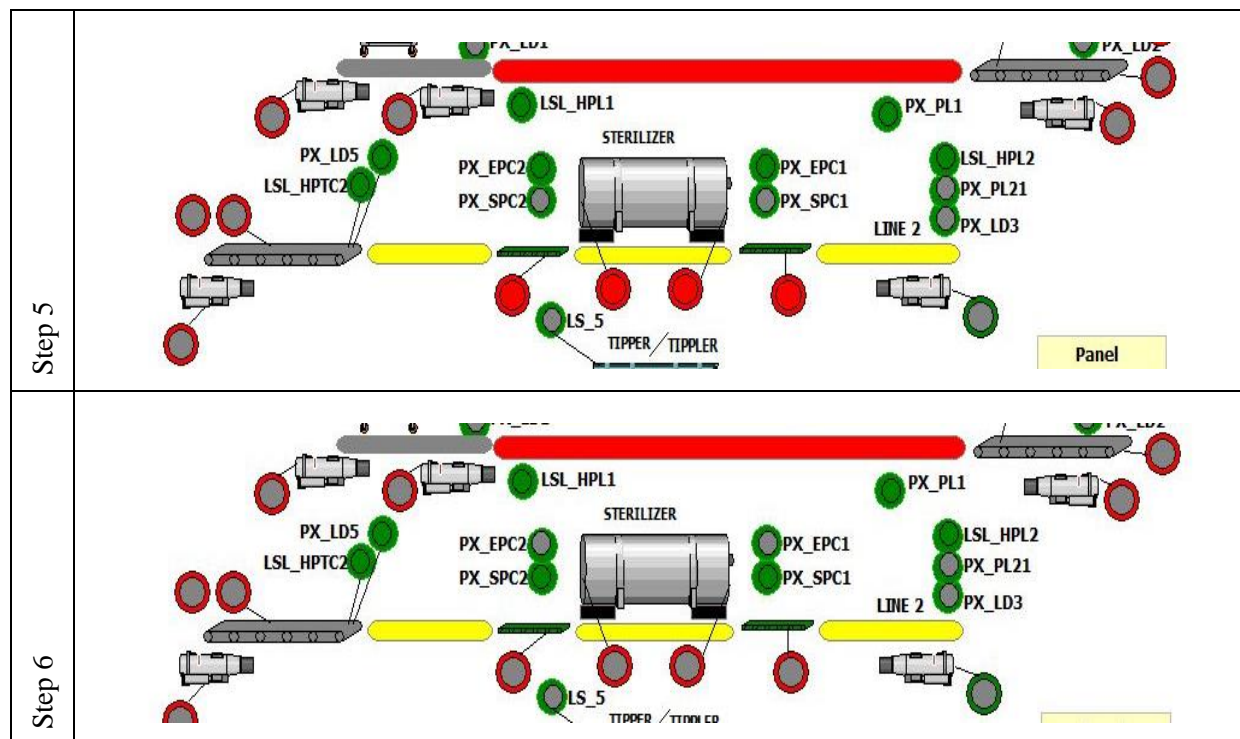
Step 1



Step 2

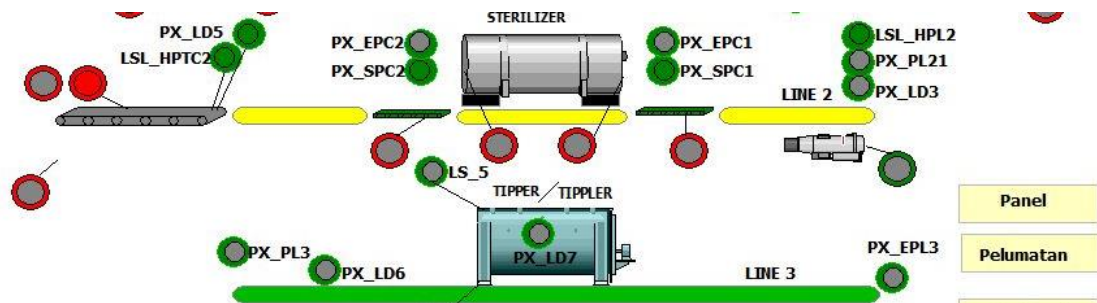




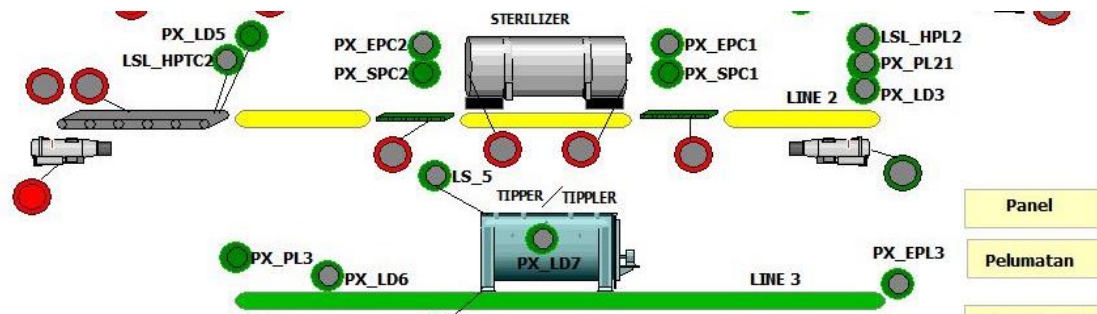


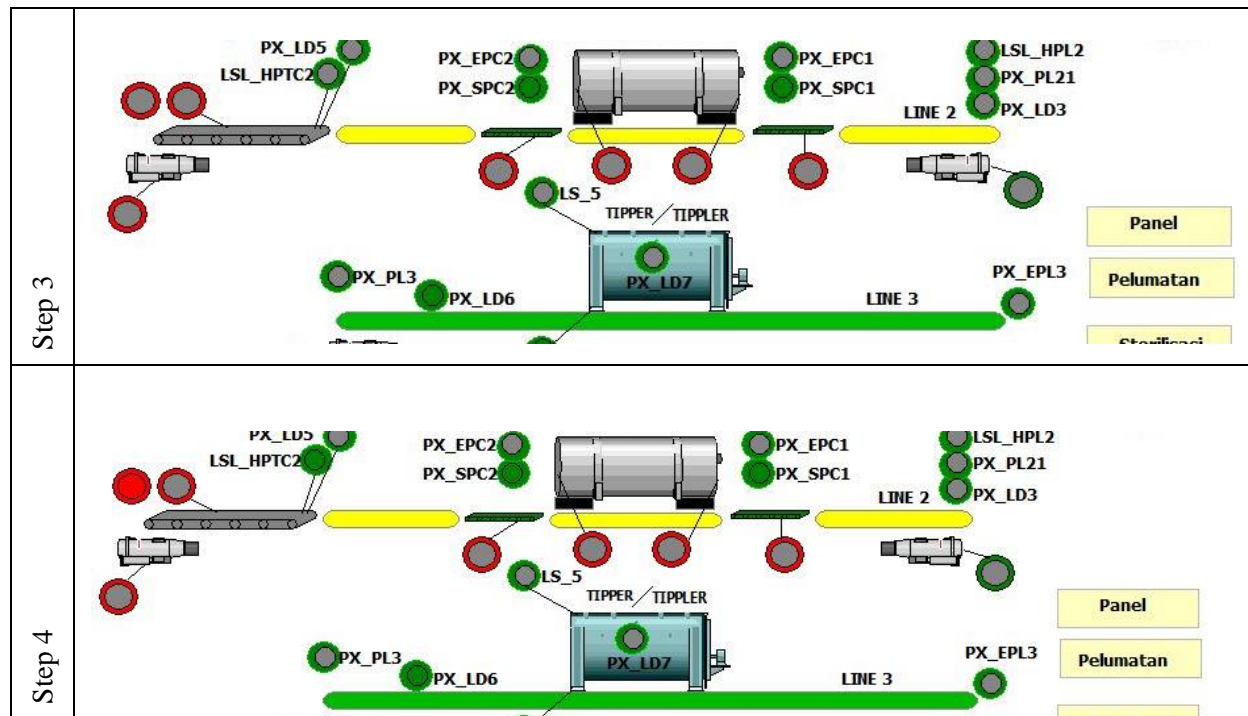
Sub Proses 8

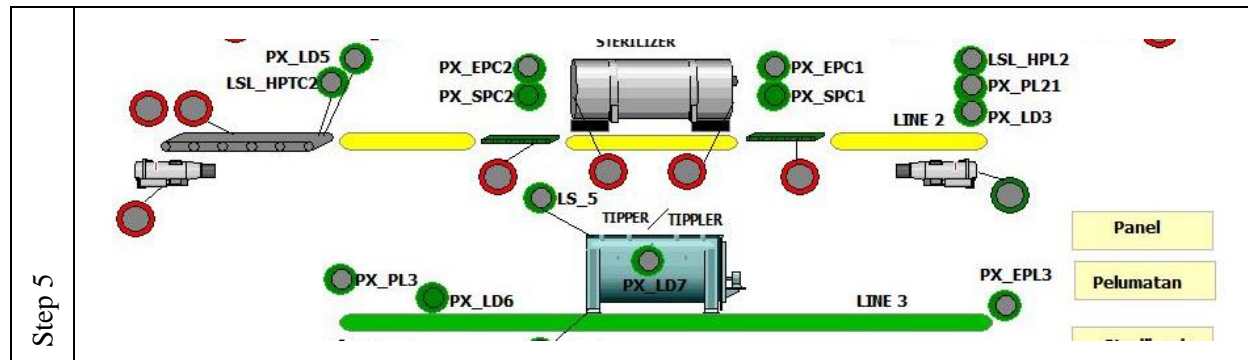
Step 1



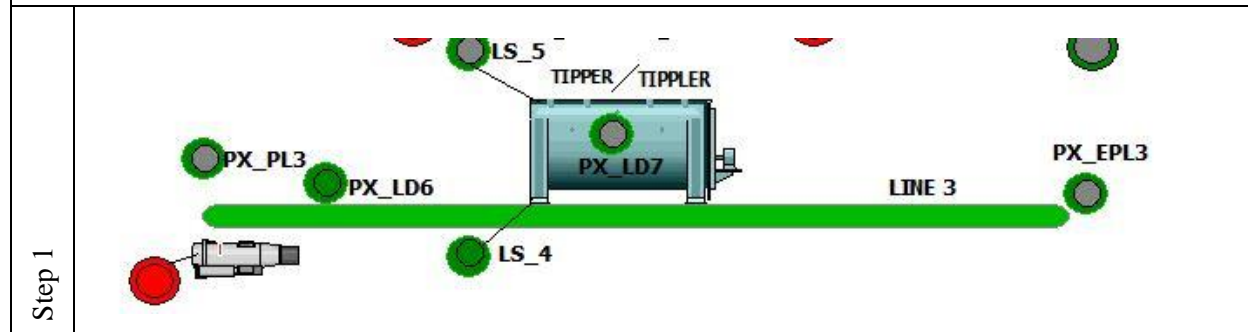
Step 2



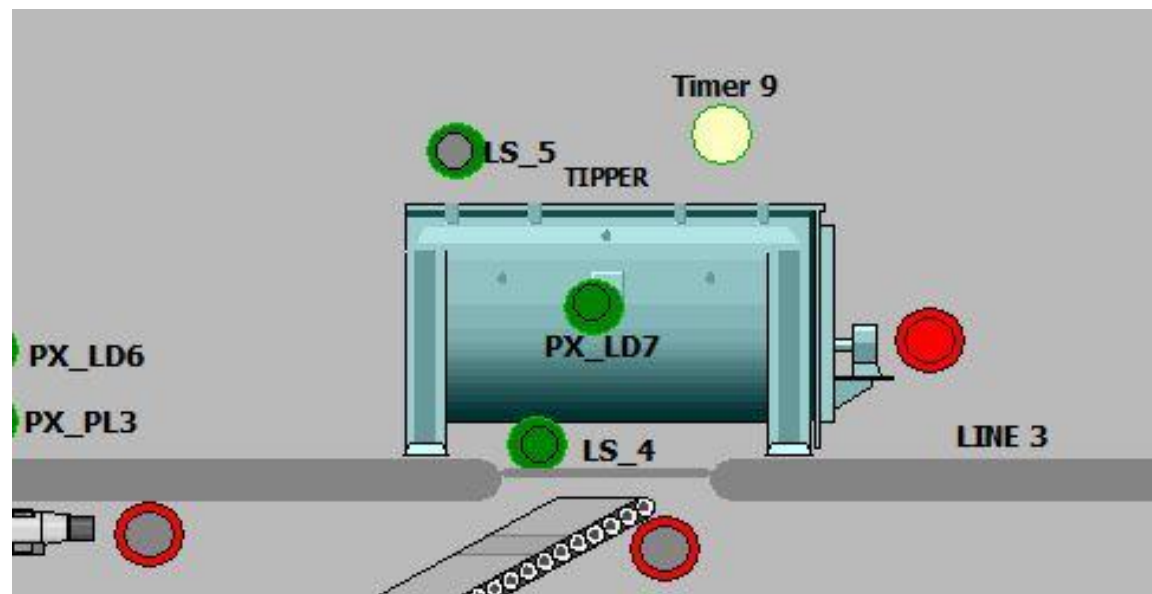




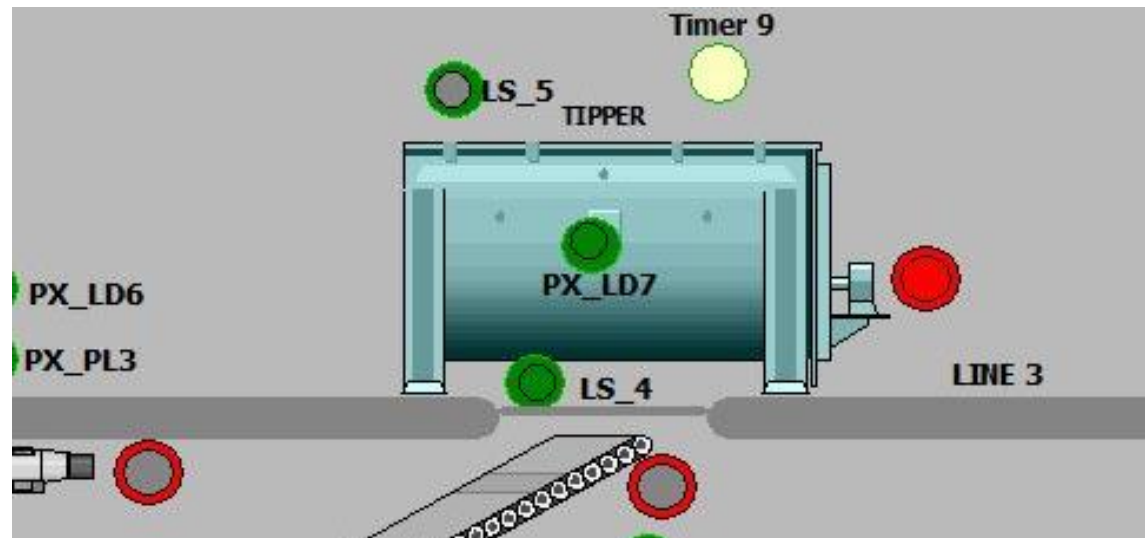
Sub Proses 9



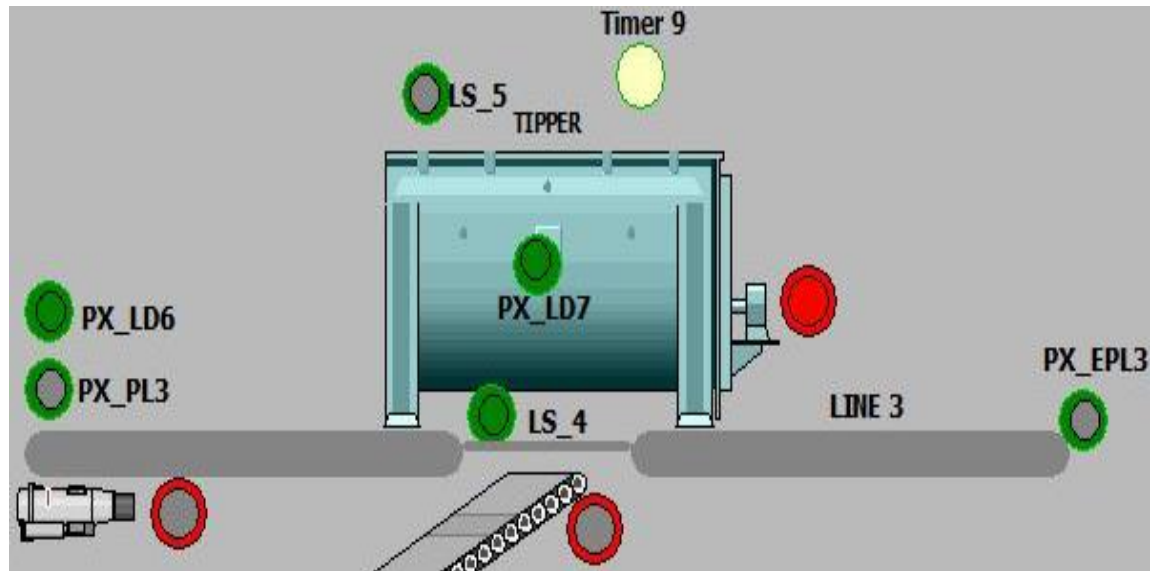
Step 2



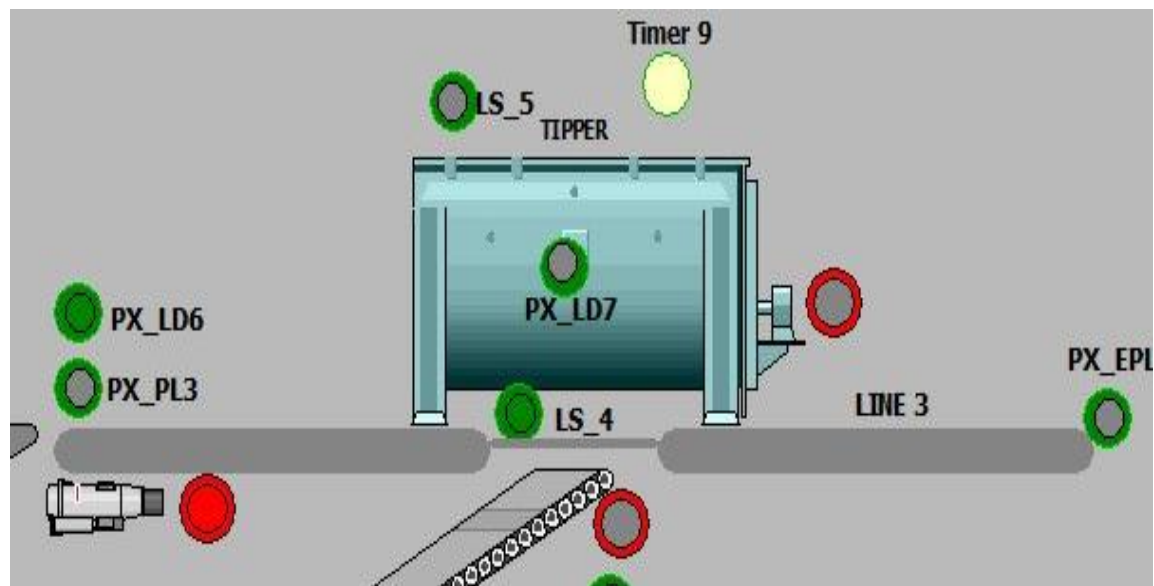
Step 3



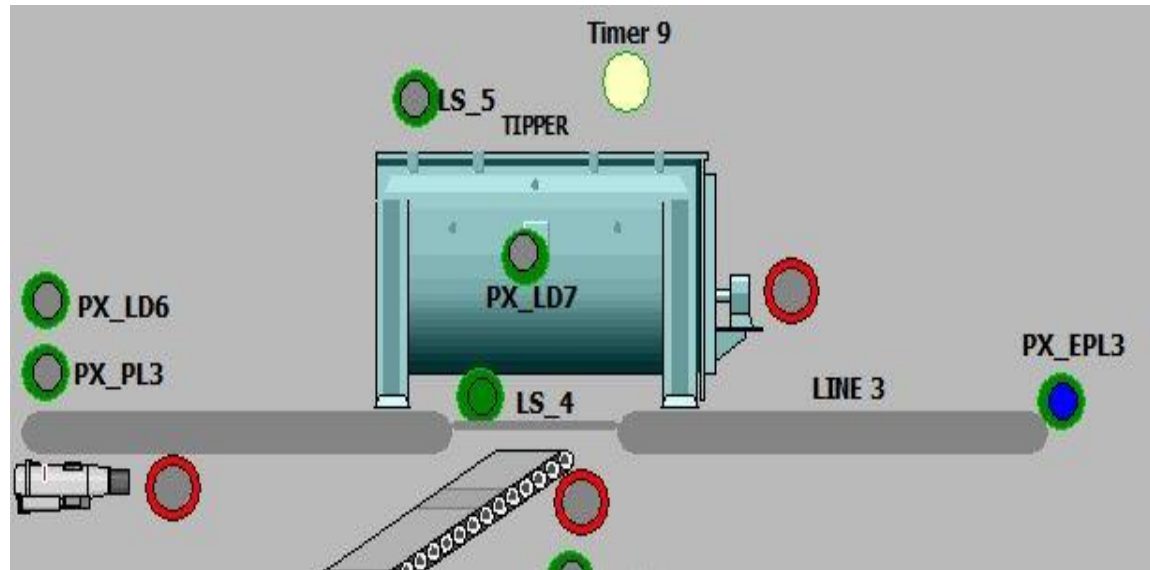
Step 4



Step 5

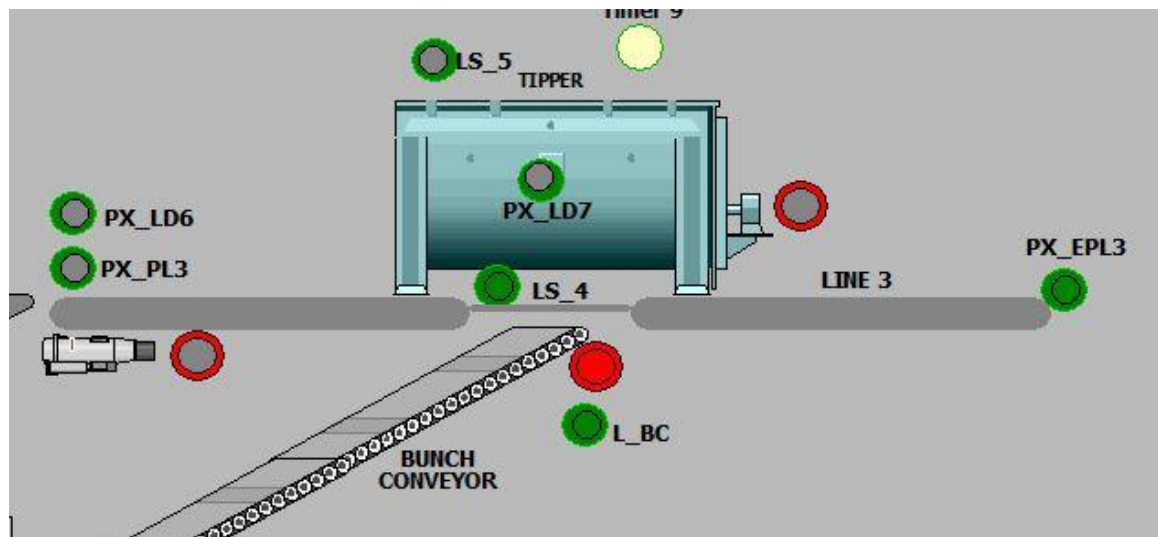


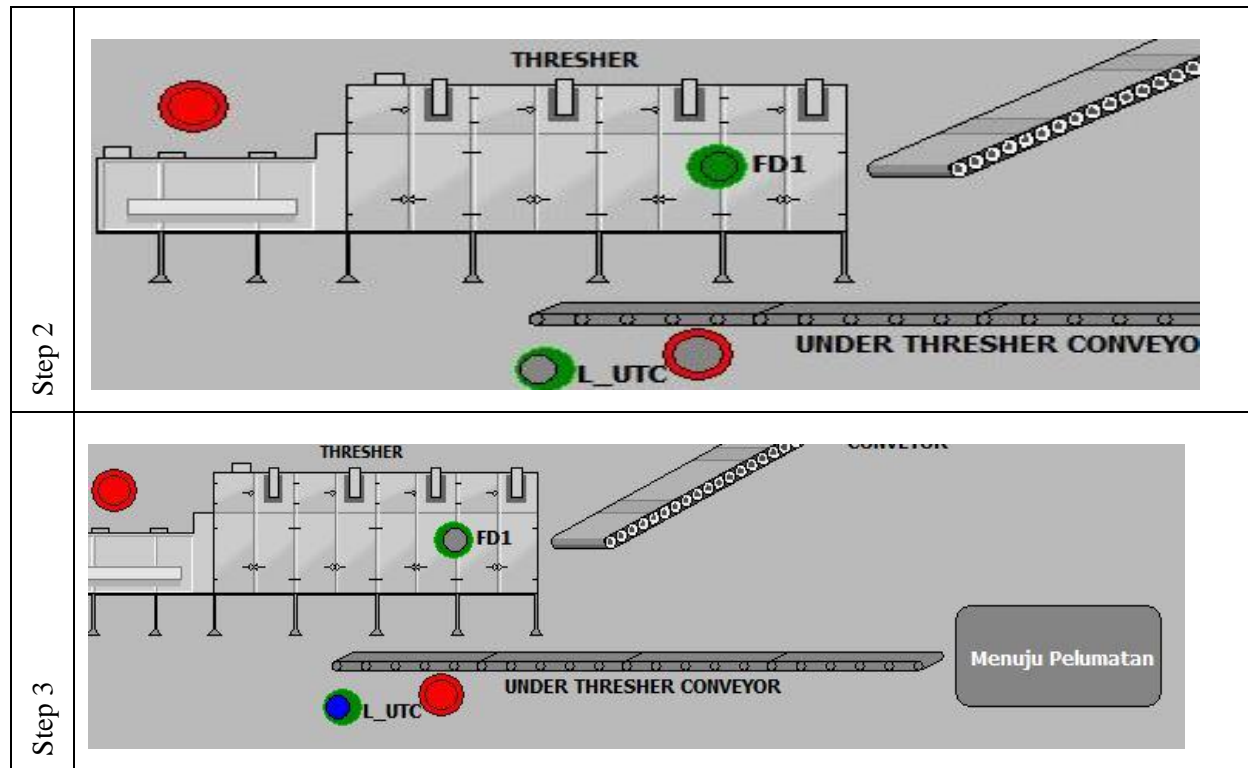
Step 6

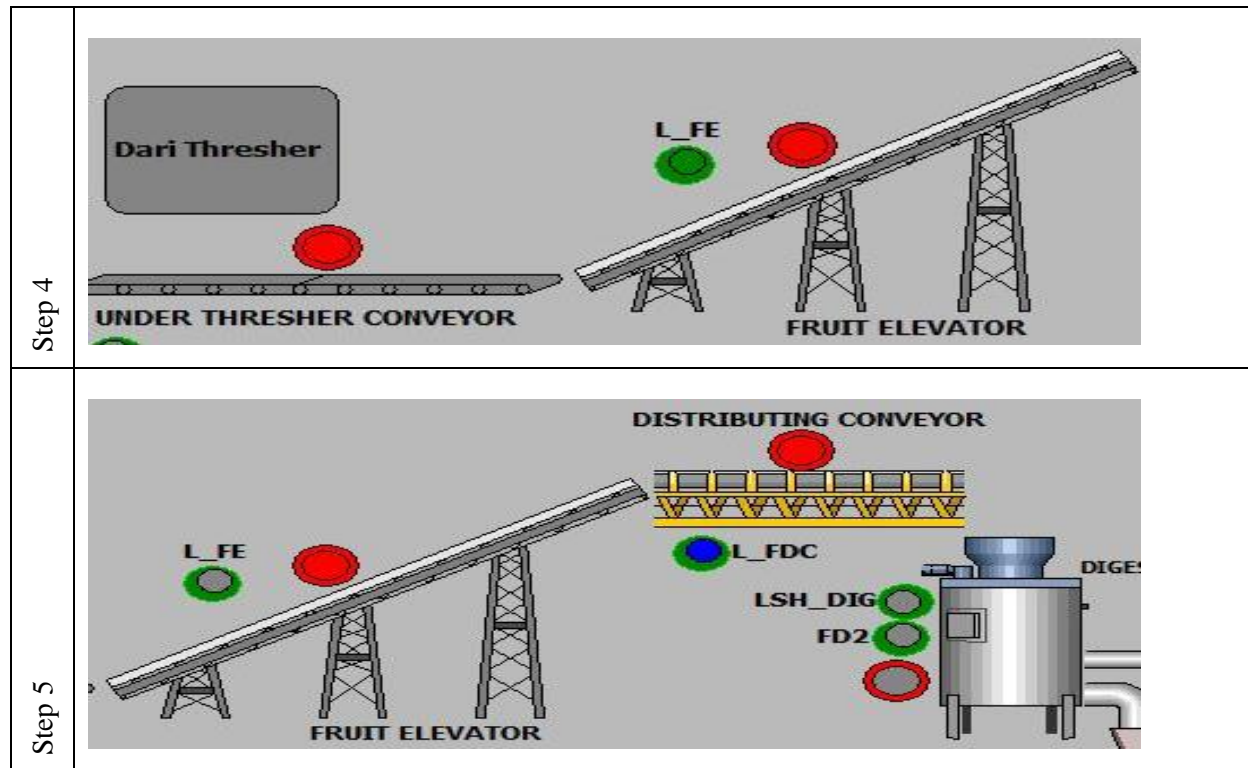


Sub Proses 10

Step 1

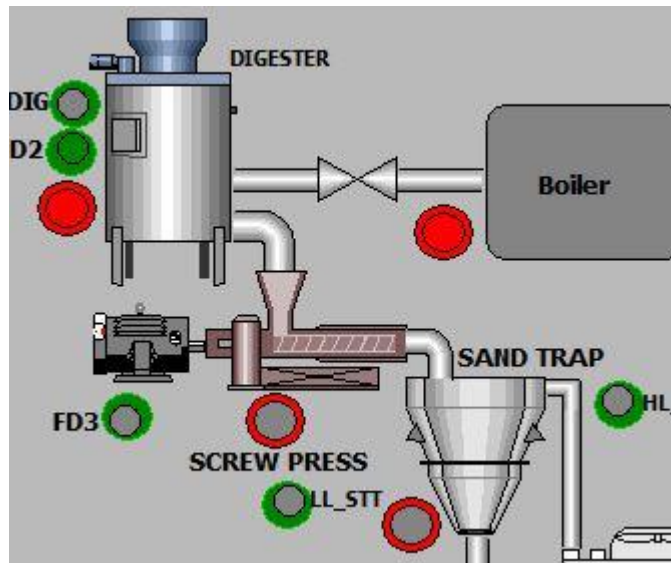


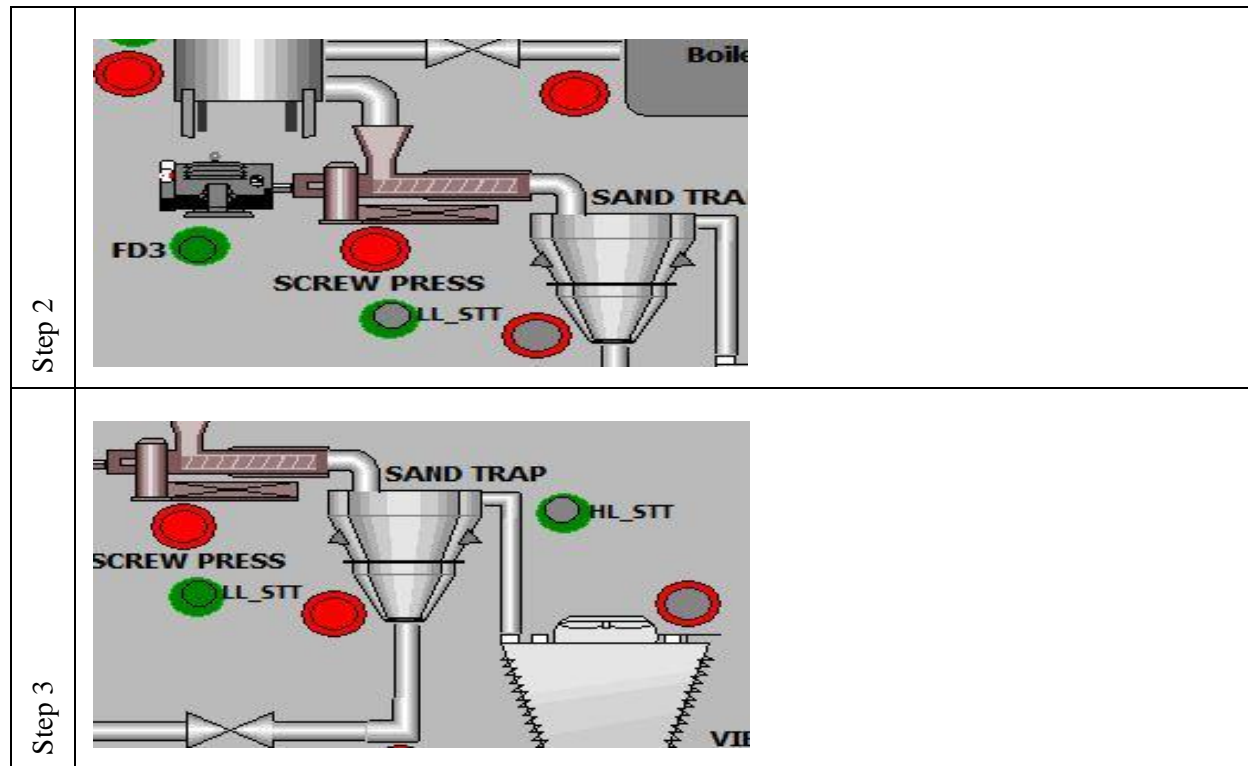


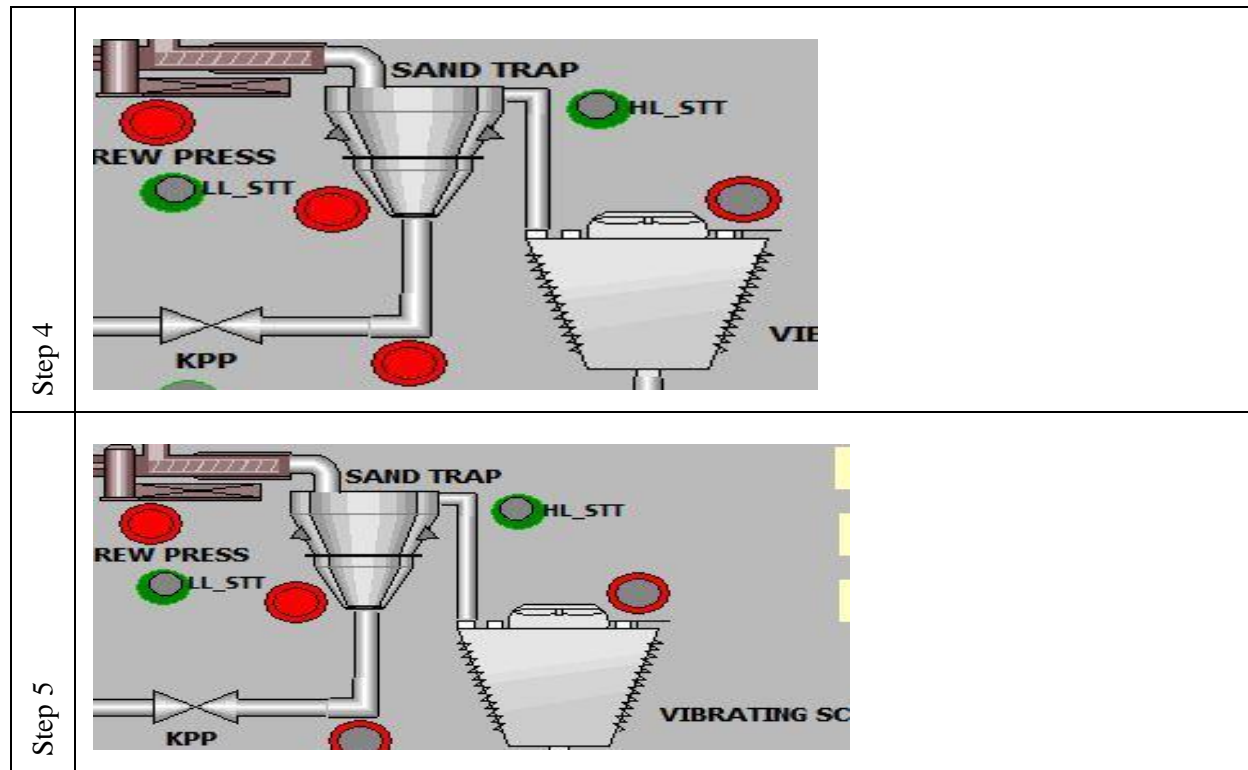


Sub Proses 11

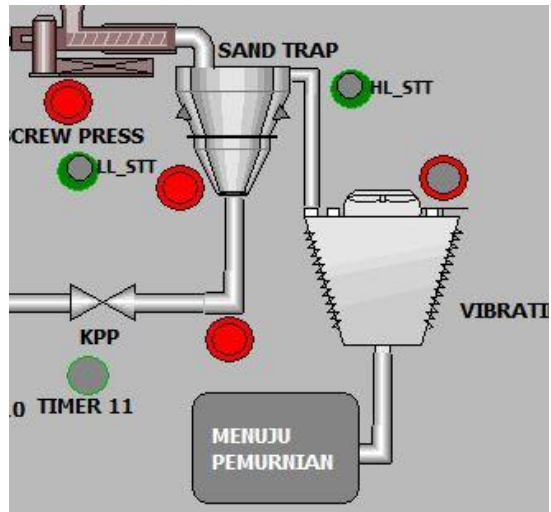
Step 1





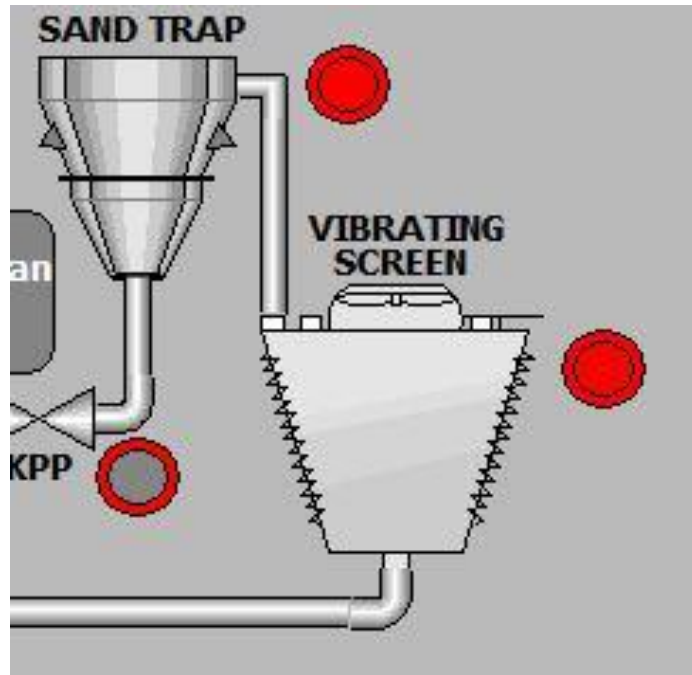


Step 6

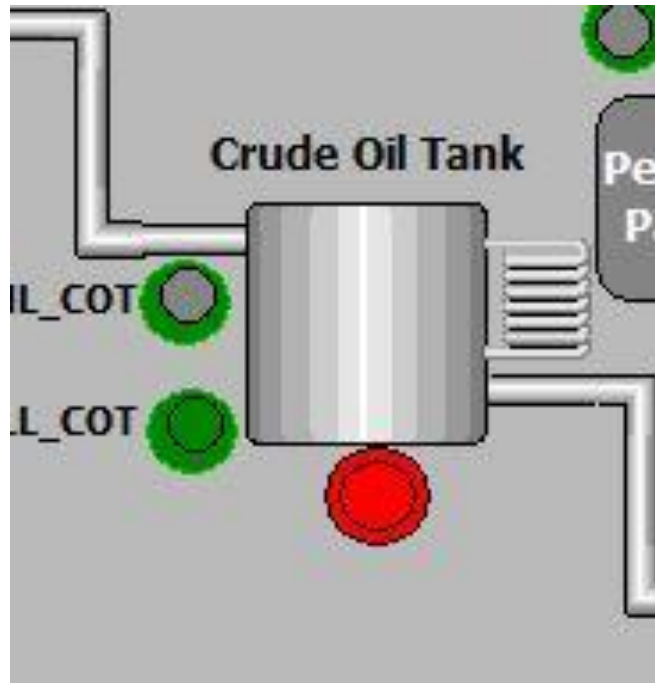


Sub Proses 12

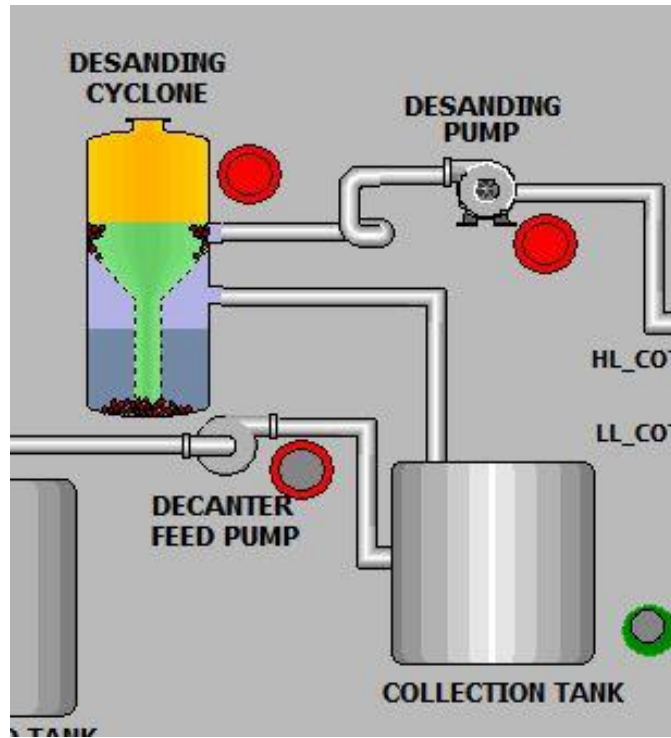
Step 1



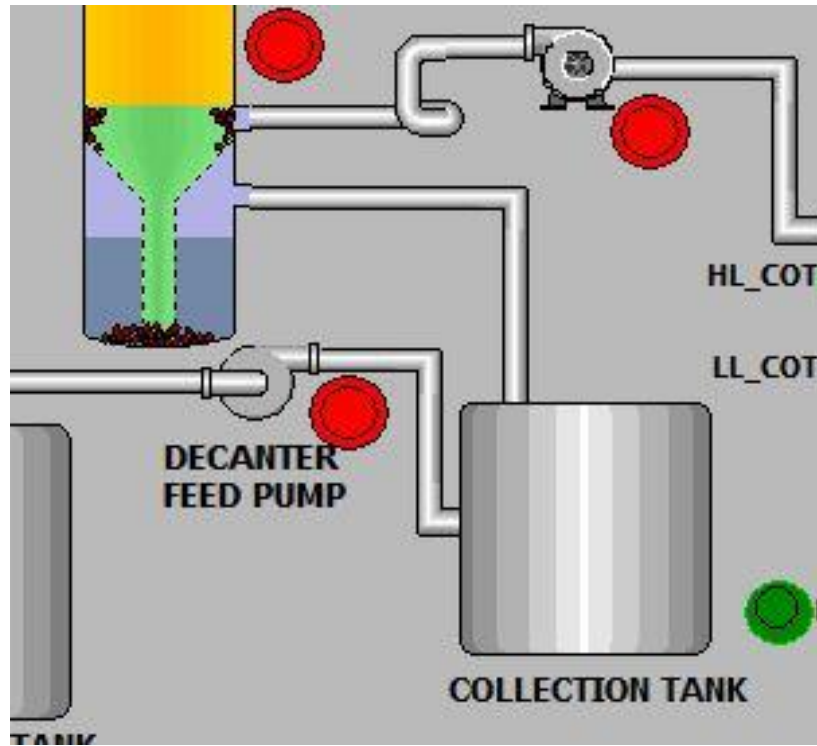
Step 2



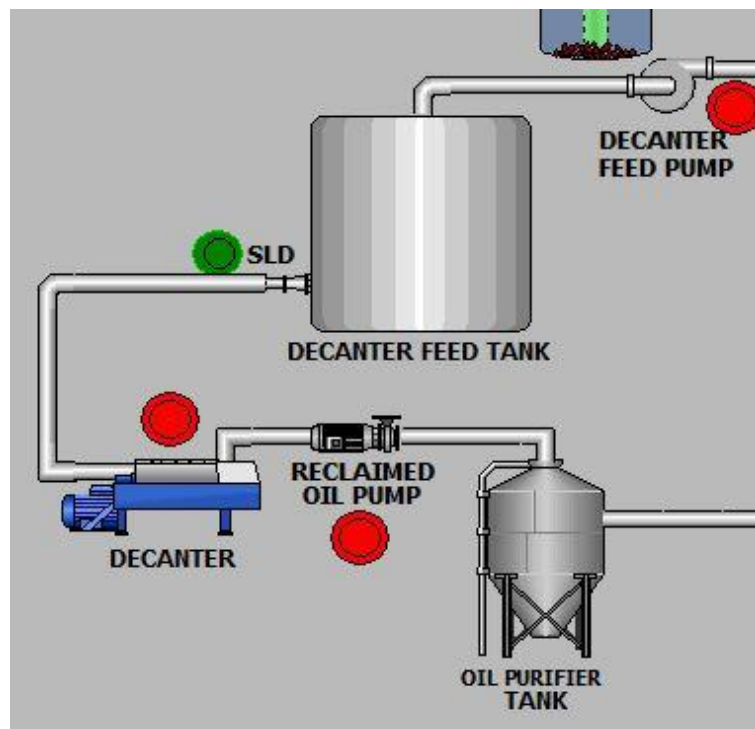
Step 3



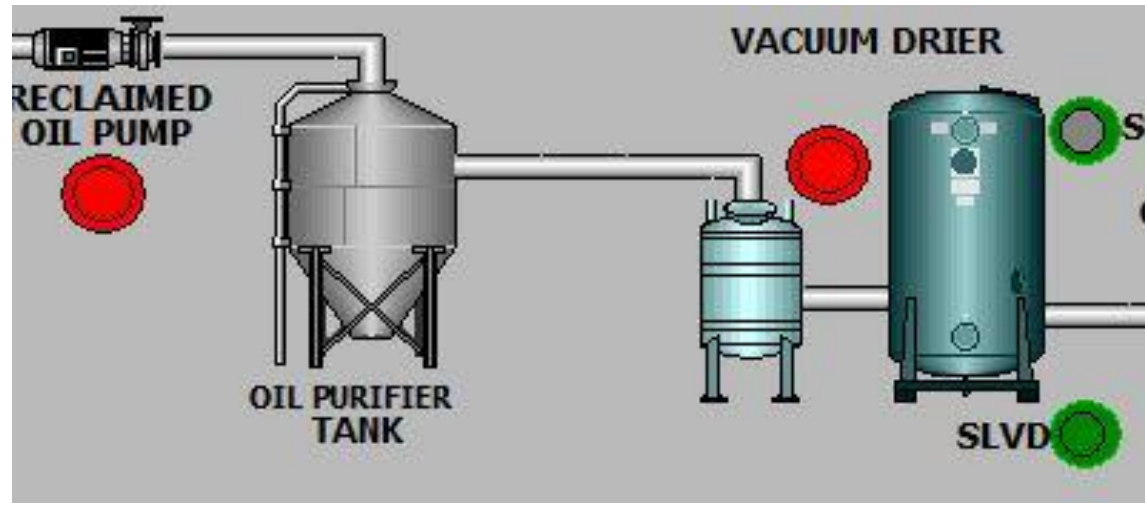
Step 4



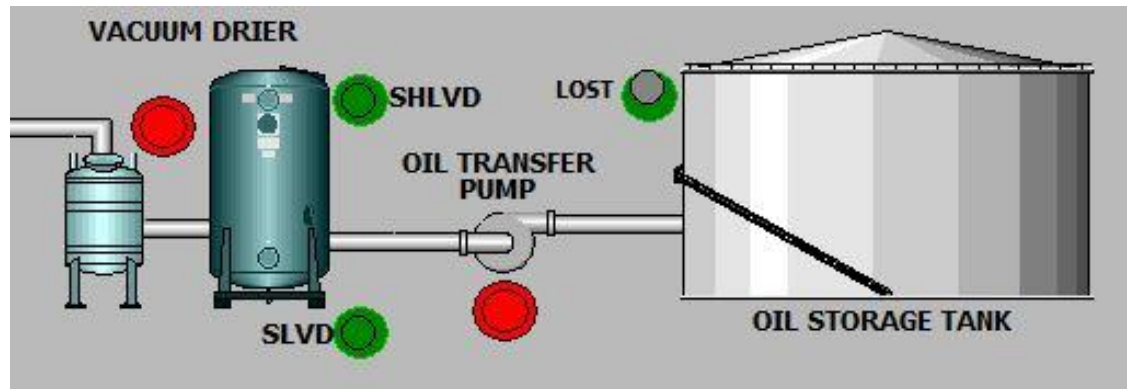
Step 5



Step 6



Step 7



RIWAYAT HIDUP



Muhammad Mahardika Nobel, lahir di Bontang pada tanggal 17 Agustus 1996. Putra kedua dari pasangan Bapak Eko Sumardiyono dan Ibu Renny Wahyuningsih. Setelah menempuh pendidikan formal di SD Yayasan Pupuk Kaltim (YPK), SMP YPK, dan SMA YPK, penulis melanjutkan studi Sarjana Teknik jurusan Teknik Elektro bidang Teknik Sistem Pengaturan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2014.